

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO DE SISTEMAS**

**TEMA:**

**SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES ROIP (RADIO OVER IP) CON LA  
FUSIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS ANALÓGICAS Y DIGITALES PARA  
MEJORAR LA COMUNICACIÓN ENTRE LOS RADIOAFICIONADOS DEL  
ECUADOR.**

**AUTOR:**

**EDGAR ORLANDO JARAMILLO LAVERDE**

**DIRECTORA:**

**LINA PATRICIA ZAPATA MOLINA**

**Quito, abril de 2014**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

Edgar Orlando Jaramillo Laverde

CC: 172192305-8

## **DEDICATORIA**

A mis padres quienes son la razón de mi superación, ellos con su amor y ejemplo de trabajo me enseñaron a ser perseverante.

A las personas interesadas en consultar e investigar, en el fascinante mundo de la radioafición con la integración del Internet (ROIP)

## **AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud:

A la Universidad Politécnica Salesiana, sus catedráticos, asesores y tutores de los diferentes cursos de estudio por su trabajo profesional y orientador.

A la Ing. Lina Patricia Zapata, asesora del presente aporte a la educación.

A todos quienes colaboraron en este proceso de formación.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>2</b>
<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes .....	2
1.3. Planteamiento del problema .....	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos .....	5
1.6. Alcance .....	5
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Servicio de radioaficionado.....	7
2.2. Unión Internacional de Telecomunicaciones .....	8
2.3. Radiofrecuencia.....	8
2.3.1. Espectro radioeléctrico para radioaficionados.....	8
2.3.2. Banda de radioaficionados. ....	9
2.3.3. Repetidor/ra. ....	11
2.3.4. Transmisión. ....	12
2.3.5. Modulaciones. ....	13
2.4. Equipos de radioaficionados .....	14
2.4.1. Transceptores.....	14
2.4.2. Líneas de transmisión. ....	15
2.4.3. Antenas. ....	16

2.5. Voz sobre IP con radiofrecuencia.....	17
2.5.1. Radio sobre IP. ....	18
2.5.2. Modulación por código de pulso (PCM).....	20
2.6. Linux .....	21
2.6.1. EchoLink bajo Linux.....	22
2.6.1.1. Svxlink server.....	22
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>24</b>
<b>ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RADIOAFICIÓN CON VOIP .....</b>	<b>24</b>
3.1. Comunicaciones digitales de radioaficionados .....	24
3.2. Programas informáticos ROIP para radioaficionados .....	24
3.2.1. EchoLink. ....	24
3.2.2. eQSO. ....	25
3.2.3. IRLP. ....	26
3.2.4. WIRES-II.....	27
3.3. Comparativa de los programas de Radio Over IP para radioaficionados.....	27
3.4. Software EchoLink.....	29
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>31</b>
<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ROIP (RADIO OVER IP).....</b>	<b>31</b>
4.1. Diseño del sistema ROIP (Radio Over IP) .....	31
4.1.1. Topología del sistema ROIP.....	31
4.1.2. Descripción de componentes.....	32
4.1.3. Descripción funcional del sistema ROIP.....	35
4.1.4. Requerimientos de hardware y software. ....	43
4.2. Construcción del sistema ROIP .....	44

4.2.1. Interface EchoLink y modos digitales.....	44
4.2.2. Esquema de conexiones sistema ROIP. ....	48
4.2.3. Construcción del sistema ROIP (Radio Over Ip). ....	49
4.2.4. Instalación y configuración EchoLink en servidor Raspberry Pi.....	53
4.2.5. Configuración svxlink server. ....	57
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>67</b>
<b>EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
5.1. Elaboración de pruebas experimentales .....	67
5.1.1. Escenario 1: Llamada entre EchoLink cliente Windows(A) con el Ipad (B).....	67
5.1.2. Escenario 2: Llamada entre la estación portátil ICOM IC-Z1A con el software EchoLink. ....	70
5.1.3. Escenario 3: Llamada entre el radio portátil IC-Z1A(A) con el software EchoLink (B) a través de un proxy.....	72
5.2. Análisis de los resultados obtenidos.....	75
5.2.1. Mediciones realizadas en la radiofrecuencia. ....	79
5.2.2. Criterios de radioaficionados.....	82
5.2.3. Validación de los criterios de radioaficionados.....	82
5.3. Encuesta.....	84
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>LISTA DE REFERENCIAS .....</b>	<b>93</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>100</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Topología sistema de telecomunicaciones ROIP .....	6
<i>Figura 2.</i> Distribución banda de los 2 metros IARU Región 2 .....	11
<i>Figura 3.</i> Partes de un cable coaxial .....	16
<i>Figura 4.</i> Antena omnidireccional Hustler G7-144 .....	17
<i>Figura 5.</i> Integación radio con Internet de un sistema de radio con Internet .....	18
<i>Figura 6.</i> Estructura Raspberry Pi .....	22
<i>Figura 7.</i> Software EchoLink .....	25
<i>Figura 8.</i> eQSO .....	26
<i>Figura 9.</i> WIRES-II .....	27
<i>Figura 10.</i> Conexión de un sistema repetidor al servidor EchoLink .....	30
<i>Figura 11.</i> Diagrama del sistema de telecomunicaciones ROIP .....	31
<i>Figura 12.</i> Radio base transmisor-receptor Yaesu FT-3000M .....	32
<i>Figura 13.</i> Antena omnidireccional de aire .....	33
<i>Figura 14.</i> Fuente de poder Wonix .....	33
<i>Figura 15.</i> Interface hardware universal .....	34
<i>Figura 16.</i> Raspberry Pi .....	34
<i>Figura 17.</i> Funcionamiento del transceiver (transceptor) a la frecuencia 146.060+600 KHZ .....	35
<i>Figura 18.</i> Radio Over Ip .....	36
<i>Figura 19.</i> Funcionamiento del sistema ROIP desde la radio al Internet .....	37
<i>Figura 20.</i> Funcionamiento del sistema ROIP desde Internet a la radio .....	39
<i>Figura 21.</i> Diagrama de flujo funcionamiento radio-Internet sistema ROIP .....	41
<i>Figura 22.</i> Diagrama de flujo funcionamiento Internet-radio sistema ROIP .....	42
<i>Figura 23.</i> Diagrama circuito interface hardware .....	44
<i>Figura 24.</i> Circuito interno speaker PC .....	46
<i>Figura 25.</i> Circuito interno MIC PC .....	46
<i>Figura 26.</i> Vista panel de conexión computador (PC) .....	47
<i>Figura 27.</i> Circuito interno conexión radio PTT y MIC .....	47



<i>Figura 28.</i> Vista conexión al radio .....	48
<i>Figura 29.</i> Circuito interface hardware.....	48
<i>Figura 30.</i> Esquema de conexiones sistema ROIP .....	49
<i>Figura 31.</i> Radios sintonizados en frecuencia repetidor/ra .....	49
<i>Figura 32.</i> Conexión radio base con la interface hardware .....	50
<i>Figura 33.</i> Conectores DB9 tipo hembra.....	50
<i>Figura 34.</i> Cables Serial-USB .....	51
<i>Figura 35.</i> Conexión en placa Raspberry Pi .....	52
<i>Figura 36.</i> Adaptador USB sound card.....	52
<i>Figura 37.</i> Cable de conexión de audio .....	52
<i>Figura 38.</i> Conexión SP y Mic en USB sound card .....	52
<i>Figura 39.</i> Sistema ROIP construido .....	53
<i>Figura 40.</i> Configuración de audio svxlink .....	61
<i>Figura 41.</i> Ejecución svxlink server .....	62
<i>Figura 42.</i> Tabla NAT router.....	62
<i>Figura 43.</i> Regla en el router para software EchoLink puertos UPD y TCP.....	63
<i>Figura 44.</i> Nodo repetidor activo en lista en EchoLink (IPAD) .....	63
<i>Figura 45.</i> Nodo repetidor activo .....	64
<i>Figura 46.</i> Usuario radioaficionado HC1RX conectado al sistema ROIP .....	64
<i>Figura 47.</i> Servidor svxlink verifica la conexión usuario radioaficionado HC1RX .	65
<i>Figura 48.</i> Panel de mensajes .....	65
<i>Figura 49.</i> Servidor svxlink server .....	66
<i>Figura 50.</i> Envío de grabación en inglés al radio .....	66
<i>Figura 51.</i> Escenario 1: Llamada entre HC1RX con HC1RU en nodo repetidor HC1RU-R.....	67
<i>Figura 52.</i> Captura de paquetes UDP .....	68
<i>Figura 53.</i> Datagrama UDP .....	68
<i>Figura 54.</i> Tráfico recibido por el host (paquetes/ segundo).....	69
<i>Figura 55.</i> Tráfico recibido host bits por segundo.....	69
<i>Figura 56.</i> Tráfico saliente host paquetes por segundo .....	69

<i>Figura 57.</i> Tráfico saliente host bits por segundo.....	70
<i>Figura 58.</i> Escenario 2: Prueba de llamada entre HC1RX con estación portátil.....	70
<i>Figura 59.</i> Captura de paquetes UDP .....	71
<i>Figura 60.</i> Datagrama UDP .....	71
<i>Figura 61.</i> Tráfico recibido en el host en bits por segundo .....	72
<i>Figura 62.</i> Tráfico recibido en el host (bits/segundo, en la tarde).....	72
<i>Figura 63.</i> Escenario 3: prueba de llamada entre HC1RX con estación portátil a través de un proxy .....	73
<i>Figura 64.</i> Captura de paquetes TCP .....	73
<i>Figura 65.</i> Paquete TCP.....	74
<i>Figura 66.</i> Tráfico recibido por el host en paquetes por segundo .....	74
<i>Figura 67.</i> Tráfico saliente del host en bits por segundo.....	74
<i>Figura 68.</i> Acuses de recibo protocolo TCP.....	75
<i>Figura 69.</i> Tráfico UDP filtrado .....	76
<i>Figura 70.</i> Código script utilizado .....	77
<i>Figura 71.</i> Resultados de QoS .....	78
<i>Figura 72.</i> Instrumento de medición de SWR y vatímetro .....	79
<i>Figura 73.</i> Medición radio receptor en etapa de amplificación .....	80
<i>Figura 74.</i> Medición señal FM en osciloscopio.....	80
<i>Figura 75.</i> Medición voltaje ruido en osciloscopio .....	81
<i>Figura 76.</i> Cálculo relación señal a ruido Matlab.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Bandas y frecuencias para radioaficionados</i> .....	9
Tabla 2. <i>Comparación software de Radio Over IP para radioaficionados</i> .....	28
Tabla 3. <i>Respuestas pregunta 1</i> .....	85
Tabla 4. <i>Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 1</i> .....	86
Tabla 5. <i>Respuestas pregunta 2</i> .....	86
Tabla 6. <i>Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 2</i> .....	87
Tabla 7. <i>Respuestas pregunta 3</i> .....	87
Tabla 8. <i>Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 3</i> .....	88
Tabla 9. <i>Respuestas pregunta 4</i> .....	88
Tabla 10. <i>Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 4</i> .....	89
Tabla 11. <i>Respuestas pregunta 5</i> .....	89
Tabla 12. <i>Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 5</i> .....	90

## **RESUMEN**

El trabajo de grado, consiste en el diseño y construcción de un sistema de telecomunicaciones de radiofrecuencia con la integración de la tecnología voz sobre IP (VOIP), con el fin de dotar a los equipos transceptores (radios) de capacidades avanzadas en cobertura y por ende mejorar la comunicación entre los radioaficionados del Ecuador.

Dentro del sistema de telecomunicaciones ROIP (Radio Over IP), la estación radio base (transceptor) se conecta con una PC (Raspberry Pi), a través de una interface de hardware tipo universal (conexión a cualquier tipo de radio), con el fin de establecer la comunicación entre la radio base con la PC. La PC tiene sistema operativo Linux Debian weezzy 7.0, sobre el cual se encuentra instalado el software de radio EchoLink (svxlink server) que permite administrar y configurar el sistema ROIP.

Para la evaluación de resultados se utilizó la herramienta Wireshark para el monitoreo y captura del flujo de tráfico de varias llamadas establecidas entre los radioaficionados de Radio Over IP. Haciendo uso de un script se determinaron los parámetros de calidad de servicio y mediciones de razón señal a ruido (SNR) que existen en la radiofrecuencia, y conjuntamente a través de un osciloscopio se comprobó el nivel de la señal con relación al ruido, obteniéndose que la calidad de servicio (QoS) cumple con la recomendación RFC-3246(Cisco QoS).

## **ABSTRACT**

This project is about the design and construction of the radio telecommunication system with the integration of voice over IP technology (VOIP) in order to provide transceiver equipment (radios) with advanced capabilities in coverage and therefore improving communication among Amateur Radio of Ecuador.

Within telecommunications system ROIP (Radio Over IP), the radio base station (transceiver) is connected to a PC (Raspberry Pi), via a universal type of hardware interface (connection to any type of radio), so establishing communication between the base radio with PC. The PC has weezy Debian Linux 7.0 operating system on which EchoLink (svxlink server) radio software that allows you to manage and configure the ROIP system installed.

For the evaluation of the results Wireshark tool was used in order to the monitor and capture traffic flow several calls established among the Amateur Radio of Radio Over IP. Using a script the QoS parameters and measurements of signal to noise ratio (SNR) in the RF were determined, and together through an oscilloscope the signal level was checked with respect to the noise, resulting that quality of Service (QoS) matches with RFC -3246 (Cisco QoS) recommendation.

## **INTRODUCCIÓN**

Las tecnologías actuales sobre comunicaciones por radio han hecho despertar el interés de los radioaficionados en ir más allá del típico enlace RF-RF (radiofrecuencia), a través de la creación de nuevos proyectos que involucran tanto hardware como software, utilizando la nueva tecnología basada en la radio sobre Internet (ROIP), para alcanzar una comunicación más efectiva y eficiente entre los radioaficionados sin límites de distancia y cobertura.

A lo largo del documento se puede observar de forma detallada toda la información referente al diseño y construcción del sistema de telecomunicaciones Radio Over IP, así como también la evaluación de los resultados obtenidos, toda la información está distribuida y organizada en cinco capítulos.

En el primer y segundo capítulos se encuentran el marco referencial y el marco teórico referente a la justificación del proyecto, planteamiento de los objetivos, alcance del proyecto, y además los conceptos relacionados a radioafición con la tecnología de voz sobre IP.

En el tercer capítulo se detalla el análisis comparativo de los programas informáticos para la gestión de los sistemas de los radioaficionados que trabajan bajo la tecnología Radio sobre Internet.

El cuarto capítulo se centra en el diseño y construcción del sistema ROIP, el cual describe todo lo relacionado a la instalación y configuración de todos los componentes, software y hardware utilizados en dicho sistema.

En el quinto capítulo se detallan los resultados obtenidos en base a mediciones realizadas, referente a la relación señal ruido y a la calidad de servicio sobre el sistema de telecomunicaciones Radio Over IP.

Por último se describe las conclusiones a las que se llegaron con la realización del trabajo, y las recomendaciones a ser consideradas.

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. Introducción**

Hoy en día la mayoría de instituciones gubernamentales, empresas públicas y privadas están trabajando para brindar una mejor comunicación, sin embargo, las instituciones sin fines de lucro como son los radioaficionados buscan nuevos sistemas basados en tecnologías actuales, para hacer amigos y ayudar en situaciones catastróficas, por esta razón se plantea diseñar y construir un sistema de ROIP con VOIP.

Este proyecto de investigación contempla el diseño y construcción de un sistema de telecomunicaciones ROIP, basado en software libre el cual servirá para la comunicación entre radioaficionados.

### **1.2. Antecedentes**

La acelerada evolución científica y tecnológica de áreas como: la electrónica, telecomunicaciones e informática, ha provocado rebasar el uso y aplicación de la tecnología analógica que estuvo vigente por casi un siglo y remplazarla por la tecnología digital.

Este salto en el avance tecnológico ha abierto una brecha entre los usuarios de la tecnología analógica y digital. Es así que en varios sectores sociales de todo el mundo existen radioaficionados, quienes a lo largo del tiempo han usado y mantienen vigente la tecnología analógica.

Los radioaficionados usan equipos de radio comunicación para mantener contacto e interactuar con otros operadores del país o de otra parte del mundo para cumplir con sus intereses. Es así que muchos de ellos usan esta tecnología de comunicación como hobby, pero también hay radioaficionados que la usan para mantenerse alerta o para solicitar ayuda a nivel nacional o internacional en caso de desastres naturales como terremotos, aluviones, tormentas, tsunamis u otros fenómenos.

Los radios analógicos estuvieron vigentes por casi cuatro décadas, pero hace dos décadas con los últimos avances tecnológicos, aparecieron los radios digitales.

Los radios digitales poseen características técnicas avanzadas como: potencia, memoria, ancho de banda, modos digitales, etc. Sin embargo, el costo de estos radios es alto, los precios fluctúan de acuerdo a las características técnicas antes mencionadas.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Los radios ya sean analógicos o digitales que usan los radioaficionados para comunicarse con sus colegas a nivel nacional e internacional, llevan a determinar una reducción del uso de este sistema de comunicación, siendo una de las causas la diversidad de costos de los equipos, de las antenas y accesorios dependiendo de las características técnicas como: bandas (FM, AM, USB, LSB) y las frecuencias (VHF, UHF, HF), así como el modelo, marca, potencia, entre otras características, además de la dificultad para adquirirlos ya que generalmente provienen de países como Japón, EEUU y últimamente los ensamblados en China.

La escasa difusión en Ecuador de los beneficios que se tiene al comunicarse a través del uso de la radio, no ha permitido despertar el interés en las personas e involucrarlos a la práctica activa y continua en esta afición, ya que es un medio de comunicación poco conocido, por lo que un número reducido de usuarios se encuentran en el fascinante mundo de la radioafición. Este hobby demanda de tiempo libre de los usuarios para mantener una comunicación agradable con personas amigas a nivel local, regional, nacional e internacional.

Con respecto a los requerimientos técnicos se puede decir que los equipos de radiocomunicación VHF proporcionan un alcance corto, ya que en muchos casos las frecuencias son bajas, los equipos de radio tienen poca potencia al momento de transmitir, muchas de las antenas tienen una ganancia insuficiente y también está sujeta a la influencia de las condiciones climáticas donde se encuentre el radioaficionado.

La mayoría de las/os repetidoras/es de los clubes o asociaciones de radioaficionados están diseñados para proporcionar la máxima cobertura posible a grandes distancias; para ello se requiere que estén bien ubicados preferentemente en el lugar más alto posible, conjuntamente con el empleo de antenas de considerable ganancia de acuerdo a los intereses de cada radioaficionado.



La integración de la tecnología digital con la analógica permitirá que se aprovechen las comunicaciones de radio estableciendo contactos con lugares lejanos sin la necesidad del enlace entre repetidores, contribuyendo a solucionar problemas de comunicación en situaciones de emergencia entre ciudades o países a través de la telefonía. Con este sistema se solucionaría o se llevaría a cabo la comunicación entre distintos lugares en el mundo que tengan el sistema de telecomunicaciones (ROIP) a través de software.

#### **1.4. Justificación**

En la sociedad la radio cumple un papel muy importante ya que es una herramienta de ayuda en casos de emergencias tanto a nivel nacional e internacional. Adicionalmente esta forma de comunicación puede reemplazar a la telefonía fija y móvil en caso de que estas colapsen.

Con el software EchoLink, los radioaficionados podrán conectarse al sistema ROIP para comunicarse con sus pares. Este programa permite contactarse con estaciones en el modo analógico a través de enlaces en simplex (frecuencia sin repetidor), enlaces con repetidores, o salas de conferencias en donde hay varios enlaces o repetidores conectados. Además, se puede contactar en modo digital con otras estaciones.

A través del sistema de telecomunicaciones ROIP, los radioaficionados brindarán su contingente humano sin importar su ubicación geográfica. Con este sistema se soluciona todos los inconvenientes en la propagación de radio en las frecuencias VHF, UHF; por lo tanto con la tecnología digital se puede llegar a mayor distancia sin tener problemas en la propagación y alcance. Esto permitirá comunicarse usando la tecnología voz sobre IP, para dar lugar a la Radio IP.

Los beneficiados de este proyecto serán directamente los radioaficionados, y también serviría de mucha ayuda a organizaciones públicas o privadas, para que puedan hacer uso del mismo como una red alternativa.

La investigación conducirá a resultados que puedan ser compartidos con profesionales interesados en la temática, particularmente los educadores, que a través de sus propias investigaciones puedan incluso profundizar, mejorar o reorientar esta propuesta a temas relacionados.

Desde el punto de vista tecnológico, los medios más eficientes por su rapidez son Internet y la radio, por lo tanto con la integración de los mismos se tendrá una red alternativa de ayuda eficaz, para que los destinatarios sean los radioaficionados, y los beneficiados sean las personas que requieran de este sistema ROIP.

## **1.5. Objetivos**

### **Objetivo general:**

Diseñar y construir un Sistema de Telecomunicaciones Radio Over IP, con la fusión de las tecnologías analógicas y digitales, para la comunicación entre los radioaficionados del Ecuador.

### **Objetivos específicos:**

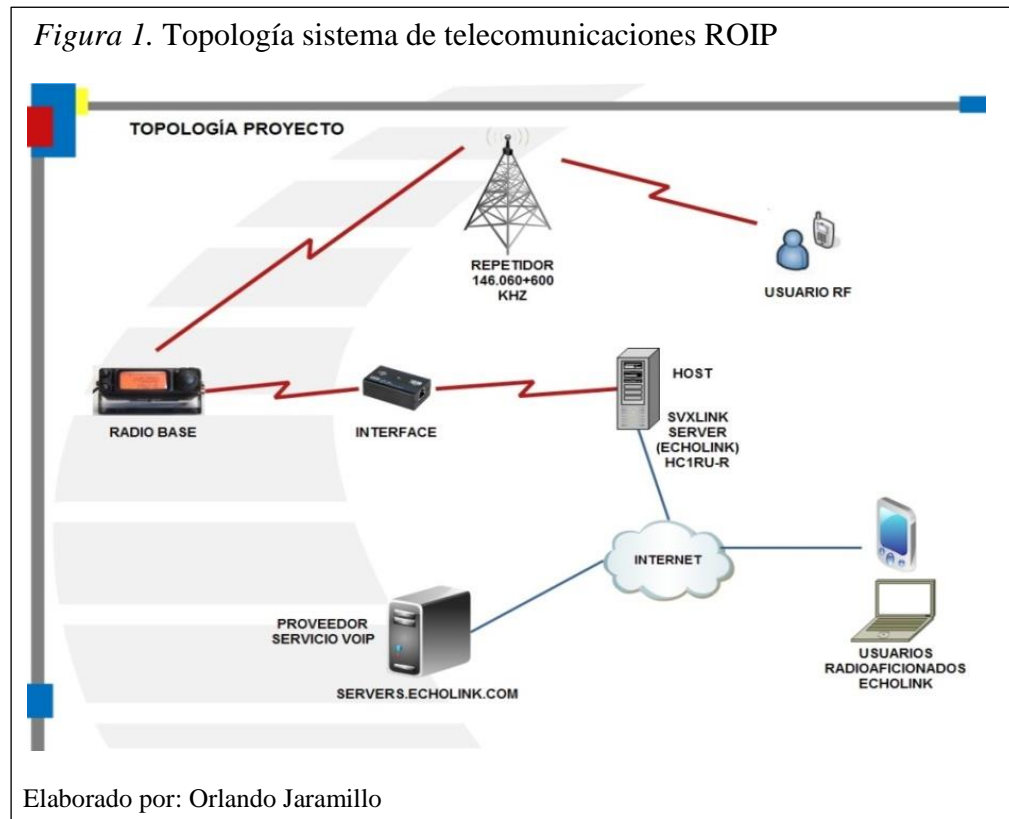
- Fusionar la tecnología analógica y digital en el repetidor/ra de radioaficionados frecuencia 146.060MHz+600KHz, a través de una interface física (hardware).
- Instalar svxlink server en una placa Raspberry Pi Linux Debian Weezy, para transformar una PC a un servidor-administrador de radiofrecuencia.
- Registrar el nodo remoto HC1RU-R, en los servidores de EchoLink, para que los radioaficionados accedan y utilicen el sistema Radio Over IP.
- Realizar pruebas técnicas del sistema Radio Over IP, a través de dispositivos portátiles y de radio, para la comprobación del correcto funcionamiento del nodo instalado en el software EchoLink; además, se realizarán mediciones en lo que respecta a la relación señal a ruido y QoS (calidad de servicio).
- Identificar los criterios apropiados que permitan a los radioaficionados ampliar su círculo y dar uso a este sistema en el ámbito social (servicio comunitario).

## **1.6. Alcance**

Este sistema de telecomunicaciones (ROIP) a desarrollar será capaz de fusionar la tecnología analógica y digital (Radio-Internet), la misma que permitirá la comunicación entre radioaficionados, mediante la convergencia de las comunicaciones de radio con tecnologías de Voz sobre IP (VOIP).

En la ciudad de Quito existe un repetidor que trabaja en frecuencia VHF 146.060 MHz +600 KHz, en banda de dos metros, la misma que no se encuentra conectada a un sistema radio sobre Internet.

Por otra parte se desarrollará la interconexión entre el sistema de radiofrecuencia con la tecnología voz sobre IP, en la figura 1, se observa la arquitectura del sistema de telecomunicaciones ROIP, la cual se estructura en dos partes hardware y software:



- 1) **Hardware:** tiene una estación de radio base, además una interface de comunicación radio-Internet, interface de sonido, cables de conexión (serial), también se utilizará un radio portátil, conjuntamente con un servidor. Este servidor se conectará a través de la interface hardware, es decir la conexión radio-servidor.
- 2) **Software:** tendrá un servidor Linux, en el mismo que se instalarán bibliotecas o paquetes de radio, prácticamente se pone a prueba mediante la software EchoLink, el cual verifica el nodo remoto instalado en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha, con la zona HC1 con el que se puede transmitir y recibir llamadas de cualquier parte del mundo, en frecuencia repetidora 146.060MHz+600KHz.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Servicio de radioaficionado**

Servicio de Radioaficionado obtuvo su primer reconocimiento oficial en la Conferencia de Washington de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT o ITU) en el año 1927. En la Conferencia de Atlantic City (1947) del mismo Organismo Internacional fue definido como: un servicio de instrucción individual, de intercomunicaciones y de estudios técnicos, efectuados por aficionados, esto es por personas debidamente autorizadas que se interesan en la radiotécnica con carácter exclusivamente personal y sin afanes de lucro (Definición n° 78 del Reglamento de radiocomunicaciones de la UIT). Los requisitos técnicos para la obtención de la correspondiente licencia de operador de estaciones de radioaficionados y las condiciones en que son autorizadas las estaciones dependen de las Administraciones de cada país. En líneas generales, los reglamentos nacionales de cada país están redactados bajo los siguientes principios:

- a) Reconocer y valorar el servicio de radioaficionado como un servicio de comunicación voluntario y no comercial, con especial autorización para realizar comunicaciones de emergencia si fueran necesarias.
- b) Primar y mejorar el servicio de radioaficionado mediante un Reglamento que coadyuve al adiestramiento de los operadores tanto en el campo técnico como en el operativo.
- c) Incrementar la reserva existente entre los radioaficionados de hábiles operadores así como de expertos técnicos en electrónica.
- d) Aprovechar la natural predisposición de los radioaficionados para mejorar a nivel internacional las relaciones entre las naciones.

La actividad de los radioaficionados constituye el único medio por el cual pueden establecerse provechosas relaciones amistosas a distancias de miles de kilómetros. (XE1GZU, 2005)

## **2.2. Unión Internacional de Telecomunicaciones**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (abreviadamente UIT o ITU) es una organización intergubernamental que cuenta con más de 140 países miembros. Y cuya sede se encuentra en Ginebra desde 1948. El texto por el que actualmente se rige es el Convenio Internacional de Telecomunicaciones Málaga- Torremolinos. 1973. (XE1GZU, 2005)

## **2.3. Radiofrecuencia**

La propagación de las ondas electromagnéticas por el espacio libre se suele llamar propagación de radiofrecuencia (RF), o simplemente radio propagación.

Las ondas de radio son ondas electromagnéticas y, como la luz, se propagan a través del espacio libre en línea recta y con velocidad de 300.000.000 metros por segundo. Otras formas de ondas electromagnéticas son los rayos infrarrojos, los ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma. (Tomasi, 2003, pág.48)

Las ondas de radio se utilizan no sólo en la radiodifusión, sino también en la telegrafía inalámbrica, la transmisión por teléfono, la televisión, el radar, los sistemas de navegación y la comunicación espacial.

### **2.3.1. Espectro radioeléctrico para radioaficionados.**

Las frecuencias asignadas a los radioaficionados dentro del espectro radioeléctrico, se dividen en bandas que trabajan con un rango de frecuencias dependiendo de su longitud de onda.

Particularmente la banda VHF con una longitud de onda en los 2 metros es usada para la comunicación local o semi-regional esto con ayuda de repetidores.

En la tabla 1, se aprecia el rango de frecuencias correspondientes.

Tabla 1. *Bandas y frecuencias para radioaficionados*

Banda	Longitud de onda	Frecuencias(MHz., KHz., Espectro, Rango)	
		Desde	Hasta
MF: Media F	160 metros	1.800 KHz.	2.000 KHz.
HF: Alta Frecuencia	80 metros	3.500 KHz.	3.800 KHz.
	40 metros	7.000 KHz	7.300 KHz
	30 metros	10.100 KHz.	10.150 KHz.
	20 metros	14.000 KHz	14.350 KHz.
	17 metros	18.068 KHz.	18.168 KHz.
	15 metros	21.000 KHz.	21.450 KHz.
	12 metros	24.890 KHz.	24.990 KHz.
	10 metros	28.000 KHz.	29.700 KHz.
VHF: Muy alta frecuencia	6 metros	50 MHz.	54 MHz.
	<b>2 metros</b>	<b>144 MHz.</b>	<b>148 MHz.</b>
	1.25 metros	219 MHz.	225 MHz.
UHF: Ultra alta Frecuencia	70 centímetros	420 MHz.	450 MHz.
	33 centímetros	902 MHz.	928 MHz.
	13 centímetros	2.300 MHz.	2.450 MHz.
SHF: Super A. F.	9 centímetros	3.300 MHz.	3.500 MHz.

Fuente: Espectro Radioelectrico de Radioaficionados

### 2.3.2. Banda de radioaficionados.

En el trabajo de grado se utilizará la banda de dos metros en frecuencia VHF.

- **Banda de los dos metros (VHF)**

“La banda de dos metros suele ser llamada como línea de visión (línea de alcance visual) o de corto alcance.” (Oswaldo, 2010)

“La onda de radio viaja directamente entre estaciones cuando se establece contacto radioeléctrico. La señal de VHF se refleja con facilidad en edificios, colinas o cualquier otra clase de obstáculos grandes.” (The American Radio Relay League, 1995, pág. 146)

“Estas ondas de radio, por lo general, no son rebotadas a la Tierra por la ionosfera. Se encuentra en el rango de 144MHz a 148MHz”. (Oswaldo, 2010)

Los radioaficionados utilizan esta banda de los dos metros para la comunicación a nivel local y semiregional, con el uso de repetidoras en sitios altos se puede facilitar la cobertura con estaciones situadas dentro de un radio de 160 kilómetros aproximadamente.

Principalmente se utiliza el modo de fonía aunque pueden usarse otros modos como al packet radio, APRS (Sistema Automático de Información de Posición), etc. En esta banda se encuentran algunas frecuencias con las que se pueden acceder a los repetidores espaciales montados sobre los satélites en órbita, permitiendo coberturas de varios estados y países dependiendo de las prestaciones y cobertura del satélite. (XE1GXJ, 1996)

Cabe señalar en este apartado que la UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT-ITU) dividió al planeta en tres regiones, en las cuales la distribución de las frecuencias para los distintos usos y servicios son similares para los países que integran una región determinada.

La REGIÓN 1.- es Europa, África, El Medio Oriente, Mongolia y las Repúblicas de la ex- Unión Soviética.

La REGIÓN 2.- son los países de América Latina.

La REGIÓN 3 es el resto del Mundo, principalmente Asia y Oceanía. (Kustra, 2008)

En la figura 2 se observa la distribución de frecuencias de la IARU Región 2 América Latina.

*Figura 2. Distribución banda de los 2 metros IARU Región 2*

**PLAN DE BANDA DE LA IARU PARA 2 Metros (144-148 MHz) Región 2**

144.000-144.100	CW
144.100-144.275	Single-sideband (Frecuencia de llamada SSB = 144.200)
144.275-144.300	Radiobalizas para estudio de propagación
144.300-144.500	Banda de Satélites OSCAR Frecuencia de APRS = 144.390 MHz
144.500-144.900	Entradas de Repetidores FM
144.900-145.100	Packet Radio
145.100-145.500	Salidas de Repetidores FM
145.500-145.800	Modos misceláneos y radioexperimentación
145.800-146.000	Subbanda de Satélites OSCAR
146.010-146.385	Entradas de Repetidores FM
146.400-146.595	Operación en FM Simplex Frecuencia mundial de encuentro FM Simplex = <b>146.520</b>
146.610-146.985	Salidas de Repetidores FM
147.000-147.390	Salidas de Repetidores FM
147.405-147.585	FM Simplex
147.600-147.990	Entradas de Repetidores FM

Fuente: RADIOAFICION ECUADOR

En el diseño y construcción del sistema ROIP se utilizará la banda de los dos metros en frecuencia 146.060MHz de repetidor/ra.

Nota: Cabe recalcar que los rangos de frecuencias 144-148 MHZ en la banda de los dos metros VHF para radioaficionados se rigen según la IARU (International Amateur Radio Union) Región 2.

### **2.3.3. Repetidor/ra.**

A través de un repetidor/ra existe mayor posibilidad de contactar con una estación, debido a que el alcance de la misma generalmente es más extenso.

La frecuencia de repetidor/ra del radio club en banda de los dos metros, está en los siguientes rangos de frecuencias:

Desde 146.010 MHz a 146.400 MHz Entradas Repetidoras.

Desde 146.610 MHz a 147.390 MHz Salida de Repetidores.

- **Funcionamiento repetidor/ra**

El repetidor/ra del Radio Club Halcones transmite en la frecuencia 146.660MHz y recibe en la frecuencia 146.060MHz, encontrándose desplazadas por 600KHz hacia arriba o hacia abajo.



En los listados de repetidoras generalmente se nombra la frecuencia de transmisión del repetidor, que en la reglamentación se establece como salida de repetidoras:

- Si la salida de la repetidora se encuentra en una frecuencia por debajo de los 147 MHz, el desplazamiento es de "menos" 600 KHz.
- Si la salida de la repetidora se encuentra en una frecuencia por encima de los 147 MHz, el desplazamiento es de "más" 600 KHz. (LW8DIE, 2000)

La frecuencia 146.060 MHz de repetidor/ra se encuentra por debajo de los 147MHz por lo que existiría un desplazamiento de -600KHz, sin embargo el repetidor está configurado con un offset de +600KHz, es decir se transmite en frecuencia 146.660 MHz se recibe en la frecuencia 146.060MHz.

#### **2.3.4. Transmisión.**

Se entiende por transmisión el envío de un mensaje o información de un punto a otro. Entre estos puntos no debe existir cable alguno. Ya que se habla de transmisiones inalámbricas. El mensaje o información viaja mediante las ondas de radio, llamadas ondas hercianas, que son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde señales audibles de 10kHz hasta 3.000 GHz que ya pertenecen a las microondas. Elevando la frecuencia encontraríamos dentro de las radiaciones electromagnéticas los rayos infrarrojos, la luz o espectro visible y otras radiaciones como los rayos ultravioleta, rayos X, y los rayos cósmicos. (Mompin, 2000,pág.60)

- **Tipos de transmisión en la radioafición**

En la radioafición existen varios tipos de transmisiones que dependen del funcionamiento del sistema y se clasifican en:

- **Simplex(SX)**

La transmisión se realiza en un solo sentido, es decir, solo recibir o transmitir. Una terminal puede ser transmisor o receptor, pero no ambos a la vez.

Un ejemplo de transmisión simplex es la televisión: La estación de televisión solo transmite y los televidentes solo reciben. (Mompin, 2000,pág.61)

- **Half Duplex(HDX)**

La transmisión Half Duplex es denominada también como semidúplex, las transmisiones son bidireccionales (en ambos sentidos), pero no al mismo tiempo. Una terminal puede ser transmisora y receptora pero no simultáneamente.

Un ejemplo de transmisión half dúplex son los sistemas de radio en dos sentidos que usan botones para hablar (PTT, push-to-talk) para conectar sus transmisores, como los radios de banda civil y de policía; más conocidos como walkie-talkie. (Mompin, 2000,pág.62)

- **Duplex(o Full Duplex)**

En estos sistemas la información fluye entre el emisor y el receptor al mismo tiempo por el mismo canal.

El ejemplo más común es el teléfono, en el cual los usuarios hablan y escuchan simultáneamente (Pinilla, 2011)

Nota: Para una comunicación a través de una repetidora, se utiliza el sistema dúplex, este hace que la transmisión y la recepción se hagan en diferentes frecuencias (para esto, tiene un control de desplazamiento), pero la comunicación no se realiza al mismo tiempo, en este caso se desplaza +600 KHz arriba de la frecuencia de recepción. (Acevedo, 2001)

### **2.3.5. Modulaciones.**

Se denomina modulación, a la operación mediante la cual ciertas características de una onda denominada portadora, se modifican en función de otra denominada moduladora, que contiene la información a transmitir. La onda resultante y en condiciones de ser transmitida se denomina señal modulada. (Castro & Fusario, 1999, pág. 172)

Por ejemplo la señal de la voz humana captada por un micrófono es la señal moduladora. La señal emitida por un equipo de radio es la señal portadora.

- **Emisión en frecuencia modulada (FM)**

En los transmisores de VHF y UHF (frecuencias por encima de 30 MHz) y para las bandas de 144 MHz y 432 MHz, se ha venido utilizando la modalidad de emisión de AM hasta que se estableció que la modalidad de frecuencia modulada (FM) concedía algunas ventajas. En FM la información se introduce en la señal portadora modulando su frecuencia, y no su amplitud que debe permanecer constante. La variación de frecuencia en los equipos de FM para radioaficionados es de unos 12 kHz; a esta variación de frecuencia se le llama excursión.(Mompin, 2000,pág. 66)

## **2.4. Equipos de radioaficionados**

### **2.4.1. Transceptores.**

La gran variedad de radios analógicos y digitales para los radioaficionados hacen que se clasifiquen según las bandas de transmisión esto es: VHF, UHF, HF, sin embargo, este proyecto se enfocará en equipos de radio en la banda de dos metros frecuencia VHF, que serán los que se van utilizar para el diseño y construcción del sistema ROIP.

- **Modelos comerciales de radio base y portátiles VHF**

- **Radio base Yaesu FT-3000M**

Es el único radio amateur de dos metros FM móvil con 70 vatios de potencia, características exclusivas de este tipo, y primero en la industria, tales como un sistema de programación intensiva, Digital Coded Squelch y Smart Search. El sistema de almacenamiento de memoria Yaesu distingue como un líder mundial en productos de radioaficionados. (Yaesu, 1994,pág.23)

- **Características:**

**Potencia de salida seleccionable**

“Para los niveles de potencia de salida seleccionables, 70, 50, 25 y 10 Watts.” (Yaesu, 1994,pág.23)

**Display alfanumérico**

“Más de 60 números, letras y otros caracteres disponibles para personalizar cada canal de memoria.” (Yaesu, 1994,pág.23)

### **Silenciamiento Codificado Digital (DCS)**

“Ampliamente utilizado en la industria móvil terrestre comercial, DCS ofrece 104 códigos únicos en tonos CTCSS estándar.” (Yaesu, 1994,pág.24)

### **Ancho de banda en recepción**

“Cobertura de receptor incluye 110-180 MHz (VHF), 300 a 520 MHz (UHF) y 800-999 MHz (celular bloqueado). En AM se reciben transmisiones desde los 110-137 MHz para el ajuste de las aeronaves y de exploración.” (Yaesu, 1994,pág.24)

- **Radio portátil Icom IC-Z1A**

Este transceptor tiene un panel desmontable, se puede configurar y utilizar de la manera tradicional.

- ✓ La potencia de salida es de: 5 W, 0.5 W, 15 mW (seleccionable)
- ✓ La gama de frecuencia es de: 136-174 y 400-470 MHz.
- ✓ Alimentación externa puede suministrarse en 4,5 a 16 VDC.
- ✓ Las memorias pueden ser etiquetadas con un nombre de hasta seis caracteres. (ICOM, 1994, pág. 14)

“ICOM IC-Z1A tiene las siguientes características físicas: antena BNC, clip de cinturón, correa de muñeca, BP-171 batería y el cargador de batería de pared de CA. 2,2 x 4,9 x 1,4 pulgadas 13,4 oz (57x125x36mm 380g).” (ICOM, 1994, pág. 9)

- **Fuente de poder Wonix**

Para dar energía al radio base Yaesu FT-3000M se utiliza el siguiente modelo y marca Wonix Precision regulated DC power Supply Modelo: 52-192012:

- ✓ Voltaje de salida 13.8V, con una corriente DC de 20 AMP.
- ✓ Protección electrónica contra sobrecarga con rearme automático instantáneo.
- ✓ Voltaje de entrada 117 V con AC 60Hz.

### **2.4.2. Líneas de transmisión.**

“Línea de transmisión es el medio por el cual se transporta la energía de un punto a otro. Las líneas de transmisión no deben radiar energía, sino deben transportarla con el máximo rendimiento posible.” (Mompin, 2000,pág.66)

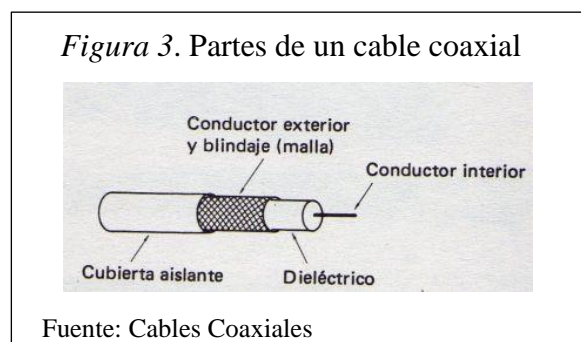
La línea de transmisión de cable coaxial transporta la energía entre el transceptor y la antena.

- **Cable Coaxial**

El cable coaxial es utilizado para conectar el transceptor (VHF, HF, UHF) con la antena que se denominada en telecomunicaciones línea de transmisión.

El cable coaxial siendo una línea de transmisión asimétrica, está constituida por un conductor cilíndrico hueco, generalmente una malla de cobre, por cuyo interior circula el segundo conductor en forma concéntrica cubierto de un aislante de polietileno, teflón o de otra clase de plástico adecuado como aislante de la radio frecuencia (RF).

El conductor exterior o malla hace las veces de blindaje y normalmente se mantiene al potencial de tierra. (Ti2AMX, 2012)



### 2.4.3. Antenas.

Físicamente una antena consiste en uno o varios conductos colocados a una cierta altura del suelo, que transmiten o captan energía electromagnética. En el diseño de las antenas se busca siempre la mayor efectividad, es decir, que radien el mayor porcentaje de energía que llegue a ella o que capten la mayor energía posible para unas frecuencias determinadas.

Las características de una antena son las mismas tanto si se usa para transmitir como para recibir. Por lo cual se puede decir que toda buena antena en transmisión también será una buena antena en recepción. (Mompin, 2000,pág.68)

- **Antena omnidireccional Hustler G7-144**

El modelo de antena Hustler G7-144 es de tipo omnidireccional, la cual trabaja en el rango de frecuencia 144 - 148 MHz (banda de 2 metros) y da cobertura de áreas grandes.

Esta antena está construida de aluminio de alta resistencia y fibra de vidrio para la durabilidad en el tiempo.

**Especificaciones técnicas:**

- Rango de Frecuencia: 144-148 MHz.
- Ganancia: 7 dB.
- Patrones de Radiación: Omnidireccional, ángulo bajo.
- SWR: 1.2:1 en resonancia.
- Ancho de Banda: 3 MHz.
- Potencia: 600 Watts.
- Conector: N Hembra.
- Longitud Máxima: 4.67 m.
- Resistencia al viento: 161 km/h.

*Figura 4. Antena omnidireccional Hustler G7-144*



Antena Hustler  
G7-144

Elaborado por: Orlando Jaramillo

## **2.5. Voz sobre IP con radiofrecuencia**

La tecnología VOIP (Voice over IP) se usa para identificar la tecnología detrás de comunicaciones usando voz y video a través de Internet.

La telefonía IP específicamente usa Internet como medio de comunicación en lugar de la red telefónica básica (conmutación de circuitos).

Actualmente esta tecnología VOIP ha sido utilizada para converger otros sistemas analógicos es por ello que nace el concepto de Radio sobre Internet. (Castro L. , 2014)

### 2.5.1. Radio sobre IP.

Son sistemas de radio basados en tecnología IP, los cuales permiten un abanico de posibilidades y la capacidad de convergencia de distintas tecnologías, facilitando la interoperabilidad de los sistemas de comunicaciones actuales.

ROIP es el mayor subconjunto de la tecnología VOIP (Voz sobre IP) que proporciona un método inteligente y flexible de ampliar el alcance y mejorar la efectividad de cualquier tipo de radio de dos vías de comunicación o sistema de datos.

La radio sobre IP (ROIP) a través de Internet, puede extender la cobertura de una red de radio sin utilizar repetidores costosos. Es una solución de bajo costo para contactos de radio en distintos lugares geográficos, cubriendo cualquier distancia, ya que puede conectar incluso usuarios de distintos países. (ICOM, 2013)

Gracias a la tecnología ROIP en una red de TCP, el tráfico de voz de un sistema de radio se convierte en datos de IP que se envían a través de Internet o una WAN / LAN privada a un servidor. (Patrullas del Futuro, 2014)

*Figura 5. Integación radio con Internet de un sistema de radio con Internet*



Fuente: Equipos para organismos de emergencia

La Radio sobre Protocolo de Internet es similar a la VOIP, pero incluye la radio de dos vías de comunicación en lugar de las llamadas telefónicas. Desde el punto de vista del usuario, se trata esencialmente de VOIP con las líneas de control PTT (Push To Talk) y COR. Con ROIP, al menos un nodo de la red es un radio (o un radio con una interfaz IP) conectado a través de Internet a otros nodos en la red. (ICOM, 2013)

- **PTT(Push To Talk)**

Pulse para hablar(PPT) es una función que tienen todos los equipos de radio, cuando el usuario desea hablar debe mantener presionado el botón del PTT, en ese momento se activa el micrófono del radio y el usuario puede comenzar a modular.

- **COR(Carrier Operated Relay)**

Esta función permite a un dispositivo (interface hardware) conectado al radio, tener el conocimiento previo de que la señal recibida proviene del radio. La mayoría de los equipos de radio no tienen una salida COR, cuando no se dispone de esta salida, se puede utilizar una detección VOX(voice operated xmit). La interface hardware que recibe la señal de radio debe obligadamente usar VOX, es decir la interface actúa de forma automática y se aplica un retardo de audio para ser identificada y ser enviada exitosamente al servidor de VOIP. (Raytheon Company, 2013)

- **Beneficios de ROIP**

Utiliza la infraestructura IP existente. Por lo tanto, ni cables adicionales ni vías de comunicación nuevas son necesarios para la instalación de una nueva radio o una consola.

Sustituye las costosas líneas alquiladas y enlaces de microondas. El mayor ahorro de costos, sin embargo, proviene de la capacidad de la tecnología para reemplazar líneas arrendadas y costosos enlaces inalámbricos. (ICOM, 2013)



### 2.5.2. Modulación por código de pulso (PCM).

La técnica PCM (Pulse Code Modulation) transforma una señal analógica en una señal digital a partir de tres procesos: muestreo, cuantificación y codificación.

**Muestreo:** Proceso que permite adquirir un conjunto de muestras de la señal analógica en ciertos instantes de tiempo. La señal se adquiere a una frecuencia de muestreo mayor a dos veces el ancho de banda.

En telefonía la voz se adquiere a una frecuencia de muestreo de 8 KHz.

**Cuantificación:** La señal analógica muestreada es un conjunto de pulsos con valores de amplitud comprendidos entre la mínima y la máxima amplitud de la señal. El proceso de cuantificación consiste en dividir el rango de valores de amplitud en un conjunto discreto de niveles  $q$ , tomando un valor fijo de incremento. Posteriormente, se le asigna un nivel concreto a cada valor de amplitud.

**Codificación:** Proceso que asigna a cada muestra cuantificada una secuencia de bits que representan el nivel de cuantificación. Así, a partir del número de niveles que cuantifican una señal muestreada, se puede calcular el número de bits necesarios para codificar el valor de cuantificación, como  $q=2^n$ , siendo  $n$  el número de bits empleados para la codificación. (Gil & Pomares, 2010)

“Por ejemplo, para la codificación a 8 bits se requieren  $2^8=256$  niveles de cuantificación.” (Vega, 2007)

Muestrea la señal analógica y se convierte en un número binario en serie de números 1 y 0 de longitud fija, para su transmisión. El número binario varía de acuerdo con la amplitud de la señal analógica.

La conversión de las señales analógicas de voz a señales digitales se dan mediante el uso del codec (acrónimo codificador-decodificador).

Los codecs convierten la amplitud en valores binarios y utilizan como método la cuantificación. (Tomasi, 2003, pág. 668)

## 2.6. Linux

Linux es un sistema operativo libre desarrollado por voluntarios de todo el mundo. Sus principales características son: multitarea, multiusuario, conectividad, multiplataforma, libre. (El Sistema Operativo GNU/Linux)

- **Raspberry Pi**

Es una computadora de bajo costo construida en una placa del tamaño de una tarjeta de crédito, desarrollada en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas.

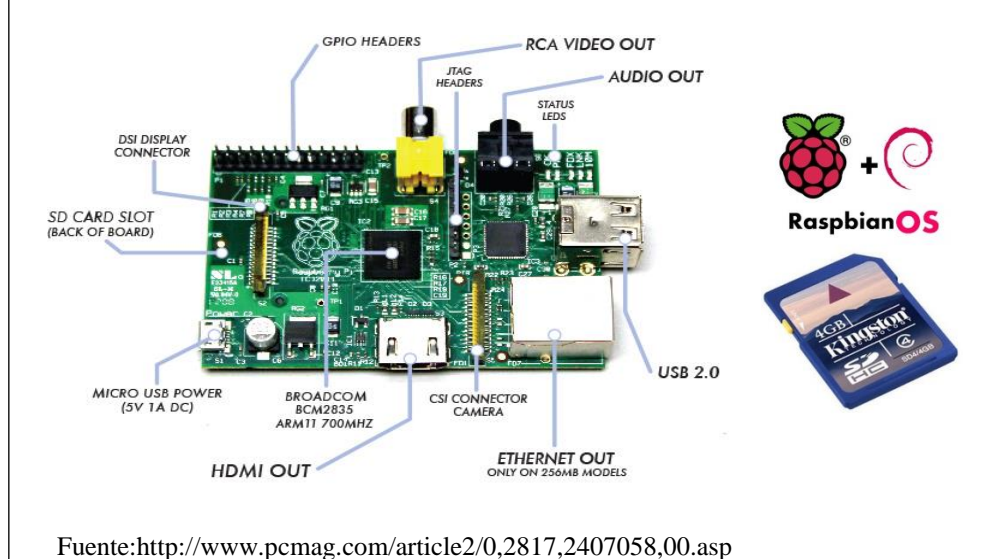
Utiliza un chip Broadcom BCM2835, el cual contiene un procesador (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz (aunque el firmware incluye unos modos "Turbo" para que el usuario pueda hacer overclock hasta 1 GHz sin perder la garantía), un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, y 512 MB de memoria RAM.

Esta computadora es excelente tanto para proyectos de investigación con sistemas embebidos, automatización de sistemas, creación de servidores minimalistas, etc, así como para simplemente jugar en casa. (Linuxito, 2013)

El diseño no incluye un disco duro ni unidad de estado sólido, ya que usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente.

La fundación de Raspberry Pi da soporte para las descargas de las distribuciones para arquitectura ARM, Raspbian(derivada de Debian) RISC OS 5, Arch Linux ARM (derivado de Arch Linux) y Pidora (derivado de Fedora); y promueve principalmente el aprendizaje del lenguaje de programación Python, y otros lenguajes como Tiny BASIC, C y Perl. (Foundation, 2011)

Figura 6. Estructura Raspberry Pi



Fuente: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2407058,00.asp>

- **Debian weedy (Raspbian)**

Raspbian es un sistema operativo Linux basado en Debian, optimizado para Raspberry. De entre todas las distribuciones Linux, Debian es la más conocida y popular, gracias a su estabilidad.

Raspbian ofrece un sistema operativo completo Linux, con un entorno gráfico de escritorio basado en LXDE, que es muy ligero y funcional.

Raspbian es la distribución más recomendada para Raspberry Pi, ya que además incluye unos 35.000 paquetes de software especialmente precompilados para Raspberry Pi. (Hernampérez, 2013)

### **2.6.1. EchoLink bajo Linux.**

Cabe recalcar que el software EchoLink existe únicamente para versión Windows no para Linux. Realizando una profunda investigación se comprobó que existe un paquete de radio que corre bajo Linux y es compatible con el software EchoLink, este paquete se llama svxlink server, el cual trabaja en modo servidor EchoLink, no como cliente.

#### **2.6.1.1. Svxlink server.**

Es un proyecto desarrollado por el radioaficionado Tobias Blomberg con el indicativo (SM0SVX), este paquete de radio, se compila en plataformas Linux, y es totalmente compatible para trabajar como nodo servidor en EchoLink.

- **Características**

El servidor de svxlink server consta de un núcleo que se encarga de la conexión con el transceptor. El núcleo puede estar configurado para actuar como un controlador de repetidor o para operar en un canal simplex. Los servicios de voz se cargan en el núcleo como plugins o módulos.

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RADIOAFICIÓN CON VOIP**

Este capítulo describe los programas para radioaficionados que trabajan bajo la tecnología voz sobre IP, además de realizar un análisis comparativo de los mismos, para elegir la herramienta con la que se va a trabajar en el sistema ROIP.

#### **3.1. Comunicaciones digitales de radioaficionados**

Voice over Internet Protocol -Voz a través de un Protocolo de Internet- VOIP, por sus siglas en inglés, es como se llama al sistema que permite que los radioaficionados alrededor del mundo combinen las comunicaciones de radio con Internet.

Dependiendo de cómo se configuren, estos sistemas pueden involucrar repetidoras enlazadas, en el caso de dos repetidoras distantes que comparten señales entre sí. Otra configuración es llamada enlace simples donde uno o más usuarios con radios portátiles o móviles se comunican directamente con una estación base o nodo que está enlazado a Internet. (Ford, VOIP, 2003)

#### **3.2. Programas informáticos ROIP para radioaficionados**

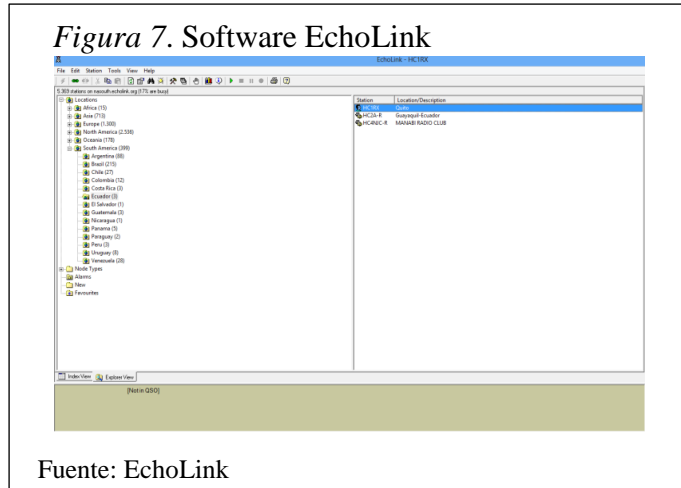
##### **3.2.1. EchoLink.**

EchoLink fue creado por Jonathan Taylor, con el indicativo de llamada (K1RFD) a principios del 2002. En un asombroso y cortísimo período de tiempo EchoLink se ha convertido en uno de los sistemas dominantes de Protocolo de Voz IP (PVI) para Radioaficionados, con más de 30.000 usuarios en todo el mundo.

##### **Características:**

- ✓ Requiere autenticación licencia de radioaficionado.
- ✓ Mayor número de usuarios (radioaficionados).
- ✓ Tiende a seguir creciendo en número de usuarios (escalabilidad).
- ✓ Mayor popularidad.
- ✓ Transmite sin necesidad de código DTMF.
- ✓ Envía mensajes de texto.
- ✓ Trabaja en diferentes modos Link, repetidor, salas de conferencias.

- ✓ Soporta diferentes sistemas operativos: Windows, Linux, Mac.
- ✓ Se puede instalar en dispositivos móviles con sistemas operativos IOS y Android.
- ✓ Permite diferentes tipos de interfaces físicas de conexión. (Ford, VoIP y la Radioafición, 2003)



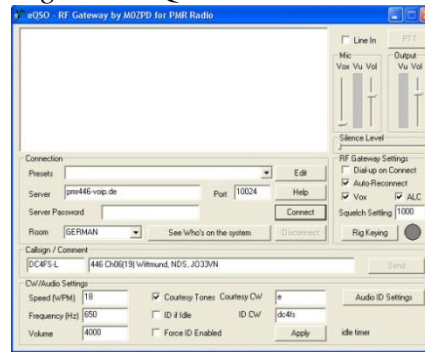
### 3.2.2. eQSO.

eQSO, creado por Paul Davies, M0ZPD, fue diseñado para operar como una red global de radioaficionados. Está basado en servidores dedicados y puede ser usado a través de una computadora personal o de un enlace radial (conocido en eQSO como un "portal de RF").

#### Características:

- ✓ No requiere autenticación de usuario (radioaficionado).
- ✓ Los administradores pueden silenciar o hasta bloquear a quienes no operen cumpliendo con los privilegios que sus licencias les otorgan.
- ✓ Los operadores de portales de RF deben evitar conectar sus estaciones a estas salas fuera del aire.
- ✓ Trabaja con algunos los circuitos de interfaz de computadora-radio. (Ford, VoIP y la Radioafición, 2003)

*Figura 8. eQSO*



Fuente: <http://ea7fmt.wordpress.com/tag/eqso-client/>

### 3.2.3. IRLP.

Con IRLP (Internet Radio Linking Project - Proyecto de Enlace de Radio por Internet) ingresamos a las redes de Protocolo de Voz IP (PVI) a las que solamente se puede acceder por radio. David Cameron, el radioaficionado con el indicativo de llamada (VE7LTD) es el creador de IRLP. Dave y Michael Illingby, VE7TFD configuraron los dos primeros nodos de IRLP para unir Vancouver con Vernon, Columbia Británica.

La red IRLP consiste de nodos ya sea en repetidoras de FM o simplex. Todos los sistemas de nodos trabajan con programas de IRLP basados en programas de Linux y emplean equipos especiales de interfaz para IRLP.

#### Características:

- ✓ Requiere autenticación licencia de radioaficionado.
- ✓ Los usuarios individuales sólo necesitan acceder al nodo.
- ✓ Usa códigos apropiados de DTMF para iniciar un contacto por IRLP.
- ✓ No se puede utilizar directamente desde una computadora sin una radio.
- ✓ Algunos nodos de IRLP también emplean una serie de tonos sub-audibles de CTCSS (Continuous Tone-Controlled Squelch System - Sistema de Squelch Controlado por Tono Continuo) además de los códigos de DTMF para controlar el acceso.
- ✓ Interfaz física única IRLP.
- ✓ Trabaja con el sistema operativo Linux. (Ford, VoIP y la Radioafición, 2003)

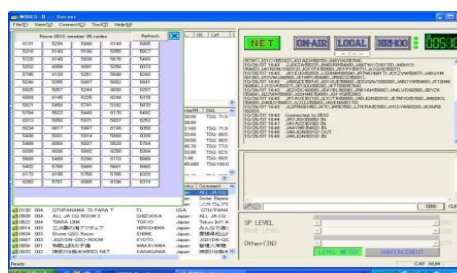
### 3.2.4. WIRES-II.

WIRES-II (Wide-coverage Internet Repeater Enhancement System - Sistema de Incremento de Amplia Cobertura por Internet para Repetidoras) es una red PVI creada por Yaesu que funciona de manera similar al IRLP excepto que el programa de nodos de WIRES-II trabaja con Windows.

#### Características:

- ✓ Interfaz HR1-100 diseñado para trabajar con cualquier transceptor.
- ✓ Opera de dos maneras: el SRG (Sister Repeater Group - Grupo de Repetidoras Hermanas) permite a los usuarios conectarse con cualquier otro nodo de WIRES-II (hasta 10 repetidoras o estaciones base) dentro de un grupo especificado por el operador del nodo.
- ✓ Emplean tonos de DTMF para controlar el acceso.
- ✓ El modo FRG (Friends' Repeater Group -Grupo de Repetidoras de Amigos).
- ✓ Envía un tono de DTMF antes de cada transmisión. (Ford, VoIP y la Radioafición, 2003)

*Figura 9. WIRES-II*



Fuente: [http://jfl1xzt.at.webry.info/profile\\_photo.html](http://jfl1xzt.at.webry.info/profile_photo.html)

Después de haber descrito las características de los programas de radioafición con la tecnología VOZ sobre IP, seguidamente se procede a realizar una comparación entre los programas.

### 3.3. Comparativa de los programas de Radio Over IP para radioaficionados

Si bien todos los programas que trabajan con la tecnología voz sobre IP son creados por radioaficionados de todo el mundo, existen diversas características que diferencian el uno del otro, a continuación se puede observar en la tabla 2 las funcionalidades que ofrece cada programa.



Tabla 2. *Comparación software de Radio Over IP para radioaficionados*

Software /programa	Número de usuarios a nivel mundial	Autenticación		Modos de operación				Sistemas operativos que soporta	Interfaz de comunicación física
		Requiere licencia	No requiere licencia	Usuario	Repetidor	Link(frec uencia)	Salas de conferencia		
<b>IRLP</b>	5000	✓		✓	✓	✓	✓	Linux	Único tipo interfaz (IRPL)
<b>WIRES-II</b>	2000		✓	✓	✓	✓		Windows	Único tipo interfaz HR1-100
<b>eQSO</b>	-		✓	✓				Windows	-
<b>EchoLink</b>	Más de 30.000	✓		✓	✓	✓	✓	Windows, Linux(Svxli nk), Mac, IOS, Android	Soporta varios tipos de interfaces

Fuente: VoIP y la Radioafición  
Elaborado por: Orlando Jaramillo

Por lo que se puede apreciar en la tabla 2, el software EchoLink tiene mayores funcionalidades entre los otros programas analizados.

Por lo tanto , la herramienta escogida es EchoLink, debido a que trabaja con cualquier tipo de interface hardware para realizar la interconexión entre el equipo de radio con el computador, además de tener un mayor índice de crecimiento a nivel de usuarios (radioaficionados), posee los requisitos de seguridad al momento de autenticarse, también se puede instalar en varios sistemas operativos como: Windows, Linux (svxlink server), Mac OS X (Echomac) y en dispositivos móviles con sistemas operativos IOS y Android. Es por ello que se ha llegado determinar que el software EchoLink, cumple con los requisitos técnicos necesarios para el diseño y construcción del sistema ROIP.

Una vez escogida la herramienta a ser utilizada para el trabajo de grado se procede con la explicación del software EchoLink.

### **3.4. Software EchoLink**

Es un programa que ejecuta en el sistema operativo Windows, el cual funciona como servidor y también como cliente, es decir el software EchoLink accede mediante los siguientes modos:

Modo Sysop: Enlace repetidor (-R), Enlace simplex (-L).

Modo Usuario: Ingreso como usuario radioaficionado.

#### **• Servidores EchoLink**

Los servidores de EchoLink se encuentran administrados por radioaficionados, los cuales dan permiso mediante la debida verificación de la credencial de radioaficionado, estos activan el nodo repetidor ingresado con prefijo -R el cual representa que el sistema ROIP es conectado a una frecuencia de repetidor/ra.

Cabe descartar que los servidores de EchoLink proporcionan el servicio Voz sobre IP, para dar lugar a la radio IP, estos se encuentran en varios lugares y son administrados por radioaficionados:

- ✓ [servers.echolink.org](http://servers.echolink.org)
- ✓ [nasouth.echolink.org](http://nasouth.echolink.org)

✓ [nawest.echolink.org](http://nawest.echolink.org)

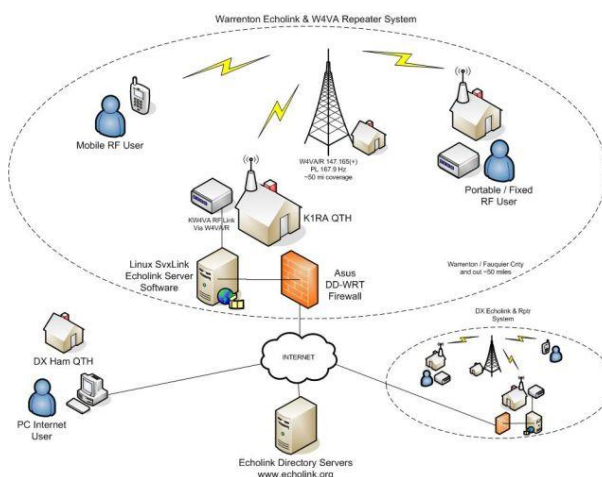
✓ [backup.echolink.org](http://backup.echolink.org)

Sin embargo, el más utilizado en Sudamérica es la conexión del servidor de EchoLink detallado a continuación.

✓ [servers.echolink.org](http://servers.echolink.org)

En la figura 10 se observa como un sistema Radio sobre IP, a través de programa EchoLink (svxlink server) es conectado al servidor echolink.org.

*Figura 10. Conexión de un sistema repetidor al servidor EchoLink*



Fuente: svxlink

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ROIP (RADIO OVER IP)

En este capítulo se detalla el mecanismo de cómo está estructurado el sistema ROIP, para luego entender su funcionamiento y posteriormente proceder con su construcción, para lo cual se enfoca en la instalación de los equipos que forman parte del trabajo de grado, tanto en hardware como en la configuración del software en el servidor EchoLink Linux.

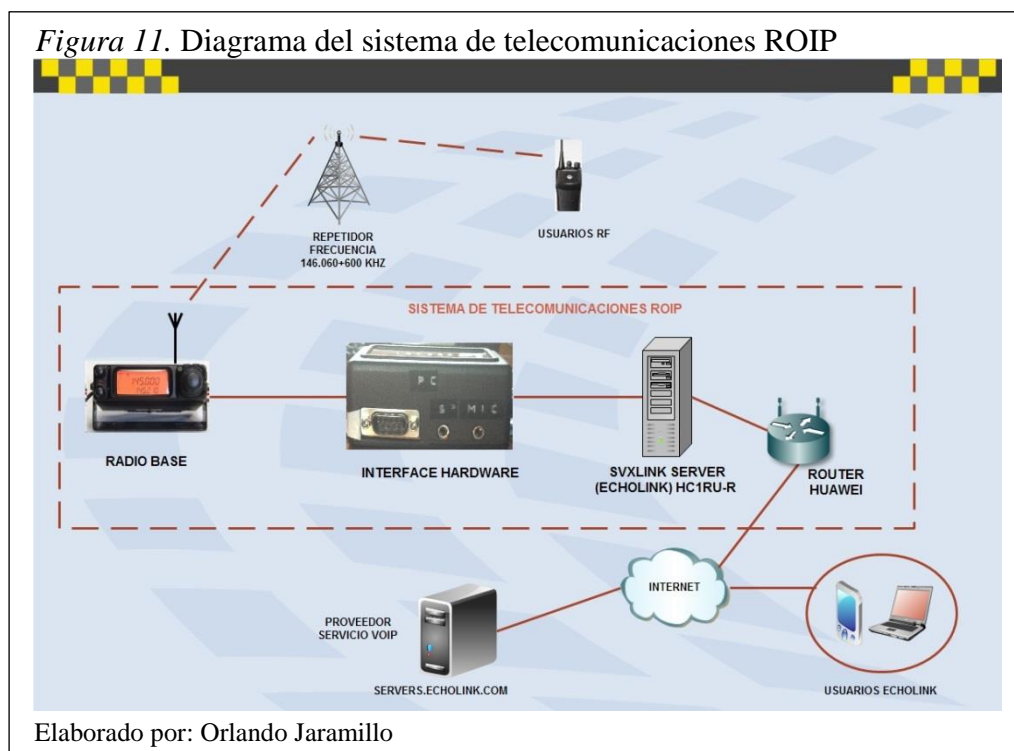
#### 4.1. Diseño del sistema ROIP (Radio Over IP)

##### 4.1.1. Topología del sistema ROIP.

La arquitectura del sistema de telecomunicaciones ROIP se puede apreciar en la figura 11, la cual fusiona las tecnologías analógicas y digitales, para mejorar la comunicación de los radioaficionados.

La radiofrecuencia en VHF, dos metros, tiene un ancho de banda de 144-148 MHz, en este proyecto se utilizará la frecuencia repetidor/ra 146.060MHz+600KHz.

El servidor EchoLink (servers.echolink.com) es el proveedor del servicio VOIP, en donde se puede transmitir voz.



#### 4.1.2. Descripción de componentes.

Los elementos componentes que forman parte del sistema ROIP son los siguientes:

**Radio Yaesu FT-3000M:** Esta estación de radio se utiliza para trabajar a la frecuencia 146.060MHz+600KHz de repetidor/ra, en la figura 12 se observa el radio base.

Este radio transmisor-receptor FM está diseñado para utilizarse tanto en estaciones fijas como también en estaciones móviles.

*Figura 12. Radio base transmisor-receptor Yaesu FT-3000M*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

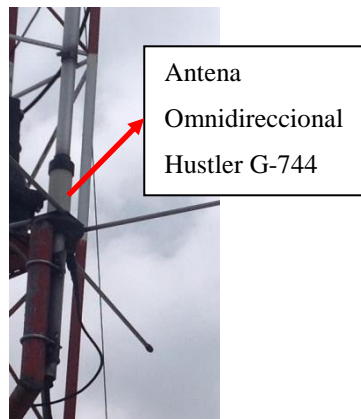
#### Características:

- ✓ Potencia de 70 W y su amplio rango de recepción (aeronáutica, UHF y telefonía celular), solamente transmite en la banda de dos metros, con un ancho de banda de 144-148 MHz.
- ✓ Los 70 W de potencia del radio se obtienen en centro de banda, con la antena bien ajustada y con una fuente capaz de suministrar 13 A.
- ✓ Para refrigerar el radio, existen en la parte trasera del mismo dos electroventiladores que se encienden en forma automática al elevarse la temperatura.

Para conocer las especificaciones técnicas del radio, ver página 14.

**Antena Hustler G-744:** Esta antena es de tipo omnidireccional, la cual tiene una ganancia de 7 dB, para activar el repetidor/ra en frecuencia VHF 146.060MHz +600.

*Figura 13. Antena omnidireccional de aire*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

### **Características:**

- ✓ Trabaja en con un ancho de banda de 144-148MHz.
- ✓ Tiene cuatro elementos para irradiar la energía con un patrón omnidireccional de 360 grados.

Para conocer las especificaciones de la Antena Hustler G-744, ver página 17.

**Fuente de poder WONIX:** Esta fuente proporciona energía al radio base, ya que tiene una salida de voltaje 13.8V y una intensidad de 20AMP.

Esta provee corriente al radio base, manteniendo el voltaje de RF a la salida en valores constantes.

En la figura 14 se observa la fuente que convierte la corriente alterna, en una o varias corrientes continuas, que alimentan los distintos circuitos que se conectan.

*Figura 14. Fuente de poder Wonix*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

Para conocer las especificaciones técnicas de la Fuente de poder Wonix, ver página 15.

**Interface hardware modo digital:** Esta interface sirve para realizar la interconexión del radio con la PC, en donde es controlador a través el software EchoLink.

En la figura 15 se observa la interface hardware construida, que es el elemento de comunicación que facilita el intercambio de datos, por medio de mecanismos de conexiones entre el pc y la radio, a través de los siguientes componentes: comunicación serial, líneas de entrada audio (RX) y líneas de salida audio (TX).

*Figura 15. Interface hardware universal*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

**Características:**

- ✓ Requiere una alimentación de 12V DC.
- ✓ Está construida para trabajar con el radio base Yaesu FT-3000M o con cualquier otro tipo de radio.
- ✓ La conexión al PC se realiza por medio de la comunicación serial.

**Raspberry Pi:** Este dispositivo es la PC del sistema ROIP, el cual controla a través del software Svxlink Server (EchoLink).

La placa Raspberry Pi en una caja transparente, se observa en la figura 16.

*Figura 16. Raspberry Pi*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

### Características:

- ✓ Realiza proyectos novedosos ya que trabaja bajo código abierto en Linux Debian.
- ✓ Es de tamaño reducido y de bajo costo.
- ✓ Memoria RAM de 512 MB.

Para conocer las especificaciones técnicas de la placa Raspberry Pi, ver página 21.

#### 4.1.3. Descripción funcional del sistema ROIP.

El sistema ROIP funciona de la siguiente forma:

- **Funcionamiento repetidor**

El radio base Yaesu FT-3000M está sintonizado en frecuencia VHF 146.060 MHz +600 KHz del repetidor/ra en la banda de 2 metros. Cualquier estación base o móvil de radioaficionados que se encuentre en esta frecuencia, pueden activar el repetidor, siempre y cuando esté en la zona del cobertura del repetidor.

En las frecuencias que trabaja el repetidor/ra, existe un offset, es decir un desplazamiento de frecuencia de +600 KHz, y como funciona en modo dúplex, se necesitan dos canales: uno de transmisión (TX) y otro de recepción (RX), la frecuencia 146.660 MHz se utiliza para la transmisión y la frecuencia 146.060 MHz se utiliza para la recepción.

*Figura 17. Funcionamiento del transceiver (transceptor) a la frecuencia 146.060+600 KHZ*



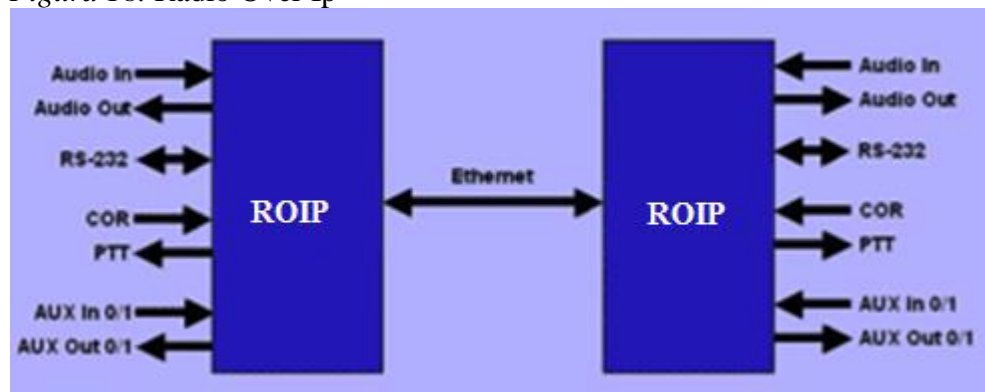


Para una mejor comprensión del funcionamiento del sistema de telecomunicaciones ROIP con software EchoLink, se ha dividido en dos partes: Funcionamiento radio-Internet e Internet-radio.

- **Funcionamiento Radio Over IP (ROIP)**

La señal de PTT es enviada por la consola de radio para ajustar el transceptor en el modo de transmisión. La señal COR permite a un dispositivo conectado a un radio, tener el conocimiento que señal de audio proviene del radio. En ausencia de la señal COR, que muchos radios no tienen, se utiliza la función VOX la cual detecta una señal de voz entrante en niveles de audio aplicándole un retardo.

*Figura 18. Radio Over Ip*



Fuente: ROIP

- **Funcionamiento envío de señal analógica, vía radio, al servidor svxlink server (EchoLink)**

1.-Cualquier radioaficionado que se encuentre en la cobertura del repetidor 146.060MHz+600KHz, puede activar el mismo con solo presionar el PTT.

2.- Al empezar a modular se envían ondas de radio al repetidor, y estas son captadas por la antena omnidireccional receptora de la radio base del sistema ROIP.

3.- Por medio de la etapa de salida del radio (circuito VOX), se envía el audio a la interface universal (hardware) construida.

4. - La señal de audio es enviada por el radio a la interface hardware para posterior aplicar la función VOX (Voice Operated Xmit) en el servidor svxlink server.

5.- La interface hardware envía la señal de audio por una línea de comunicación directa a la entrada del micrófono del adaptador USB sound card.

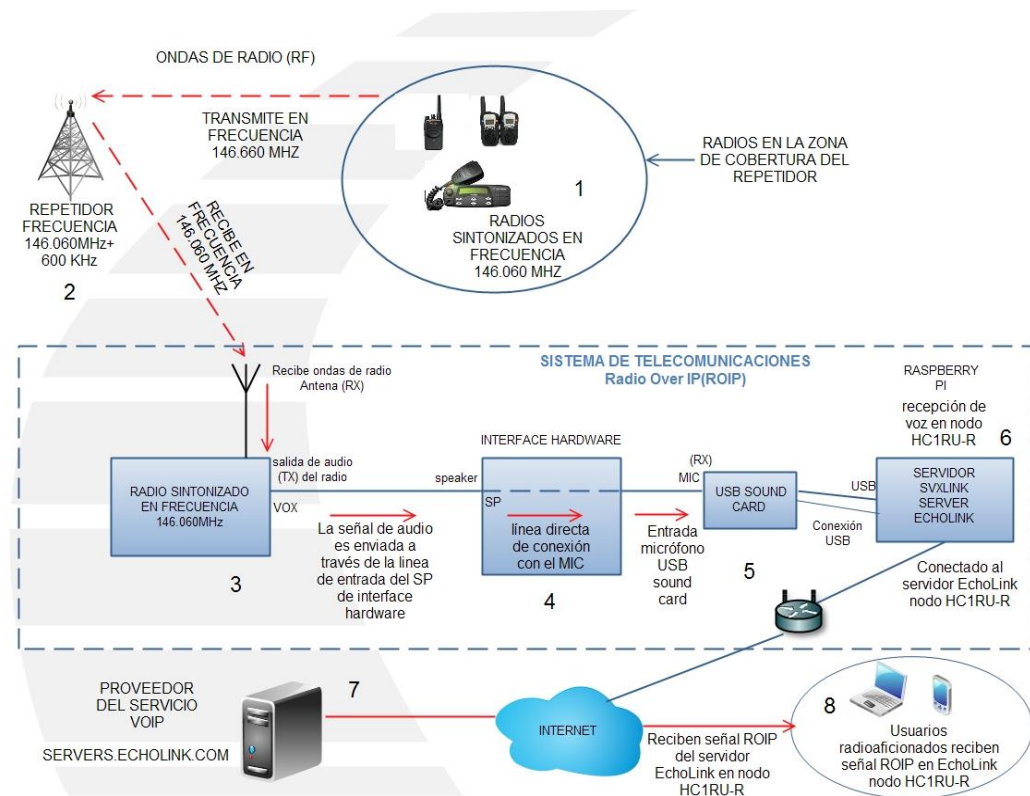
6.- A través del adaptador USB sound card se envía la señal al servidor Raspberry Pi, y mediante proceso de modulación de códigos por pulsos PCM (Pulse Code Modulation) se transforma la señal analógica en señal digital con una frecuencia de muestreo de 8 KHz y un códec (codificador-decodificador) G7.11.

7.- Al autenticarse con el nodo repetidor HC1RU-R en svxlink server (EchoLink) la voz es enviada a través de Internet al servidor VOIP de EchoLink.

8.- La señal de EchoLink es recibida por todos los usuarios (radioaficionados) que estén conectados en nodo repetidor HC1RU-R.

En la figura 19 se puede apreciar todo el proceso explicado con números del 1 al 8.

**Figura 19. Funcionamiento del sistema ROIP desde la radio al Internet**



Elaborado por: Orlando Jaramillo

- **Funcionamiento del software EchoLink para la comunicación entre el cliente y la estación de radio**

1.- El usuario (radioaficionado) al ingresar al software EchoLink puede acceder al nodo repetidor HC1RU-R, el cual aparece en la lista de nodos repetidores del software EchoLink.

2.- La señal de VOIP es recibida en el servidor Raspberry Pi svxlink server en nodo repetidor HC1RU-R.

3.- Por medio de la comunicación USB-Serial se envía la señal RTS (Petición de envío) por el cable serial-serial y a través del adaptador USB sound card se envía la señal de voz por medio de cable de audio.

4.- La entrada RS-232 de la interface hardware universal recibe la señal RTS mediante el cable serial-serial y la línea de entrada del speaker (SP) recibe la señal de voz por medio de cable de audio, activándose el relé del circuito de la interface y la salida de audio (adaptador USB sound card).

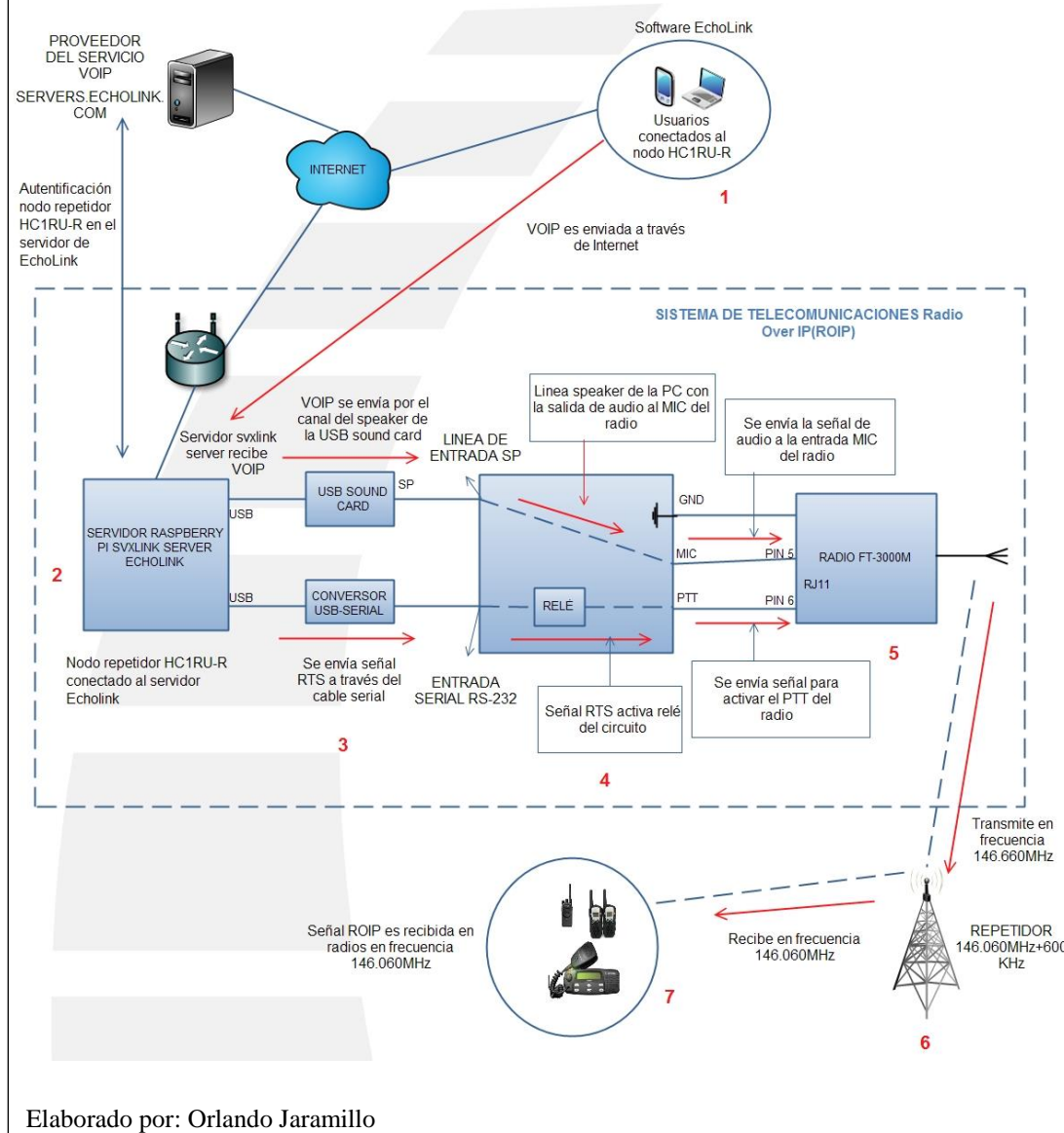
5.- Por medio del pin 6 (PTT), y el pin 5 (MIC) del conector RJ11, automáticamente se activa el PTT y el MIC de la radio, con lo que el usuario (radioaficionado) puede transmitir vía EchoLink solo con presionar el botón transmit del software, y la señal ROIP se recibirá en la estación de radio base sintonizada a la frecuencia del repetidor/ra 146.060MHz+600KHz.

6.- El radio base envía la señal de audio por la antena omnidireccional como ondas de radio al repetidor.

7.- Posteriormente la antena del repetidor/ra reenvía la señal a las antenas de radio receptoras de los radioaficionados que se encuentren dentro de la cobertura del repetidor, a todos los radioaficionados del sistema ROIP.

En la figura 20 se puede apreciar todo el proceso explicado con números del 1 al 7.

**Figura 20. Funcionamiento del sistema ROIP desde Internet a la radio**



### • Diagrama de flujo sistema ROIP (Radio Over IP)

El repetidor trabaja en VHF 146.060MHz +600KHz en la banda de los dos metros, este es sintonizado en un equipo radio base Yaesu FT-3000M. Al presionar el PTT (PushToTalk) se activa la portadora del repetidor/ra con un desplazamiento de +600 KHz, por lo que se transmite en 146.660 MHz y se recibe en 146.060 MHz. Si no existe el desplazamiento puede ser por algunos motivos: que el repetidor se encuentre demasiado distante del punto de activación, presencia de daño por falta de mantenimiento, etc.

El usuario (radioaficionado) al modular a través de un radio en frecuencia 146.060MHz, envía ondas de radio por la antena al repetidor y este reenvía a la antena receptora del radio base, por medio de la etapa de amplificación del radio (circuito VOX), la señal de audio se envía a la interface hardware. A través de un cable de audio la señal de voz es enviada al adaptador USB sound card de la PC, la cual procesa la señal analógica convirtiéndola en digital, mediante el uso de codec con Modulación PCM, y finalmente se transmite al servidor EchoLink en nodo repetidor (HC1RU-R).

EchoLink se conecta a Internet configurando los puertos UDP (5198,5199) y TCP (5200) en el router, al no estar configurados los puertos no se puede ingresar al software, luego se ingresa el nodo repetidor HC1RU-R y su contraseña, si no se ingresa correctamente la contraseña, el nodo no aparece en la lista de EchoLink, caso contrario el nodo repetidor HC1RU-R se encuentra activo y listo para aceptar a los usuarios (radioaficionados).

El usuario (radioaficionado) a través de EchoLink accede al nodo repetidor HC1RU-R. Al transmitir por EchoLink la PC con software svxlink server (EchoLink) envía la señal RTS y la señal de voz a la interface hardware a través de cable serial y cable de audio, activando el PTT y MIC del radio, por lo que se transmite en frecuencia 146.660MHz, posteriormente se envía la señal de RF por la antena omnidireccional a la antena repetidora y esta a su vez reenvía a las antenas receptoras, y finalmente los radioaficionados reciben la señal de EchoLink en frecuencia 146.060MHz.

En las figuras 21 y 22 se muestra el funcionamiento detallado del sistema ROIP a través de un diagrama de flujo.

Figura 21. Diagrama de flujo funcionamiento radio-Internet sistema ROIP

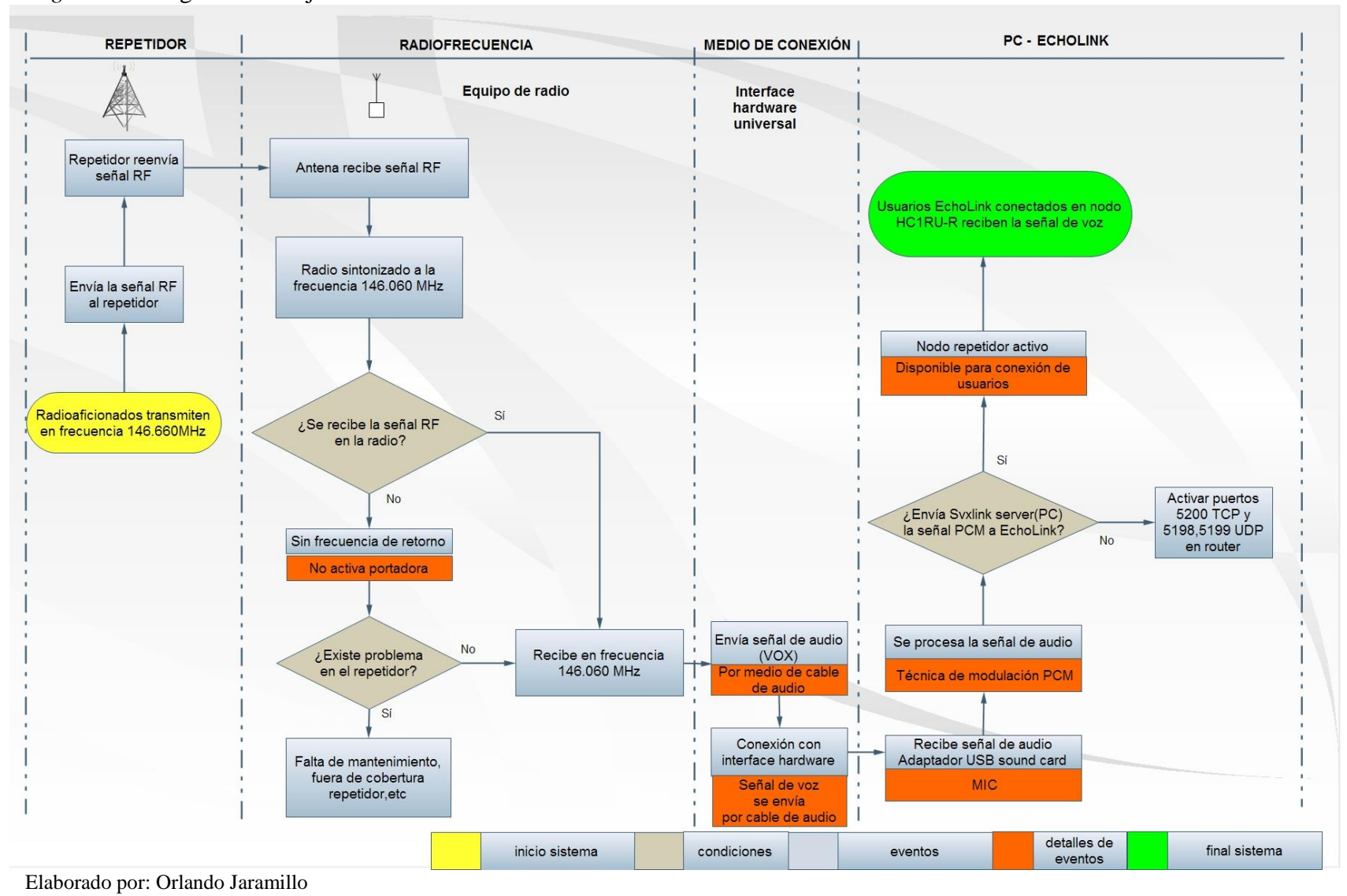
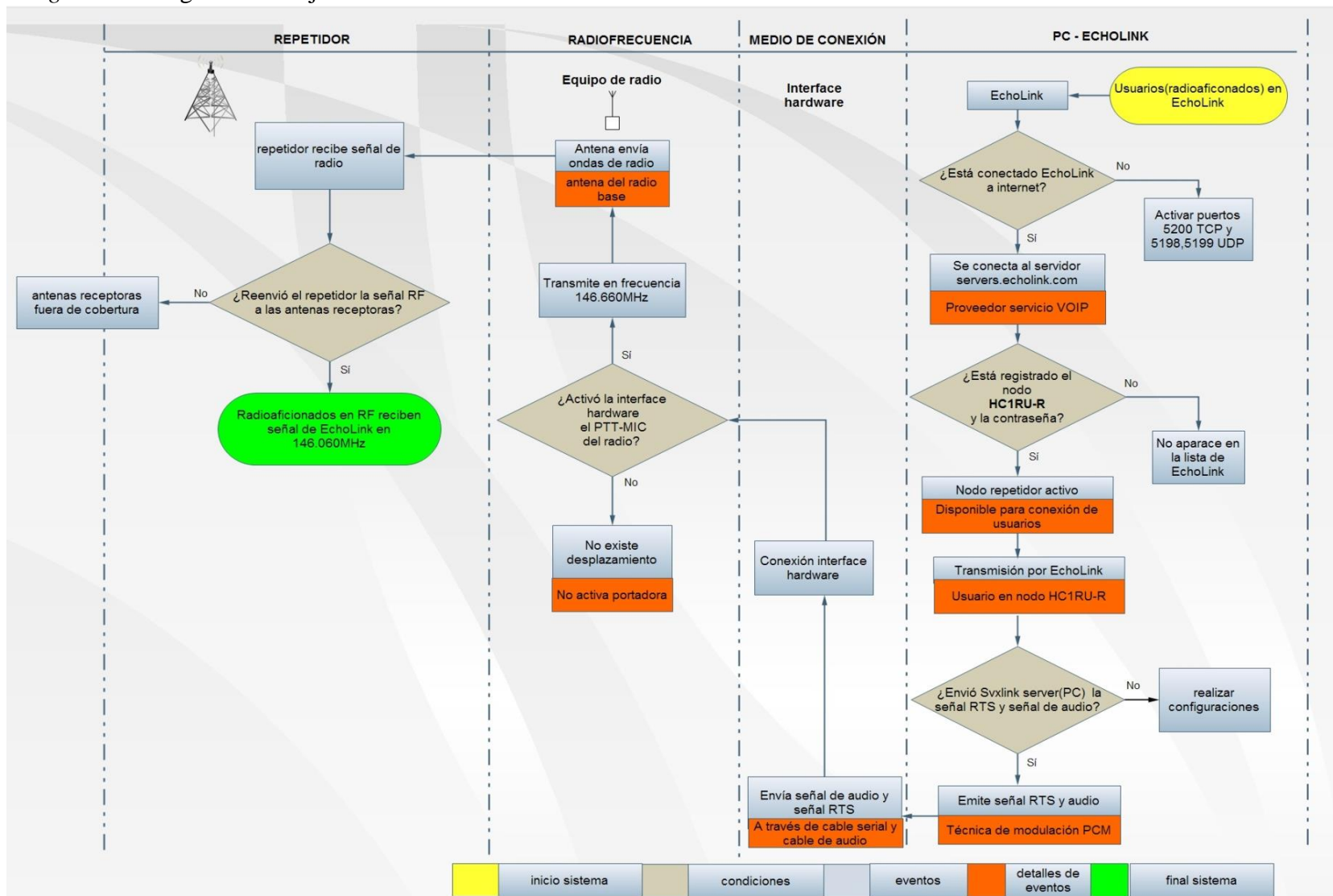


Figura 22. Diagrama de flujo funcionamiento Internet-radio sistema ROIP



Elaborado por: Orlando Jaramillo

#### **4.1.4. Requerimientos de hardware y software.**

- **Equipos hardware**

El sistema ROIP requiere de los siguientes dispositivos detallados a continuación:

- ✓ Radio base Yaesu FT-3000M.
- ✓ Fuente de poder Wonix 20AMP DC.
- ✓ Antena omnidireccional Hustler G7-144.
- ✓ Interface hardware universal.
- ✓ Raspberry Pi Modelo B.
- ✓ Memoria SD 4G.
- ✓ USB sound card 7.1 channel.
- ✓ Hub USB.
- ✓ Monitor.
- ✓ Handy radio portátil ICOM IC-Z1A.

Para la conexión del sistema ROIP se requieren de los siguientes materiales:

- ✓ Conector RJ11 de 6 pines y cable.
- ✓ 2 conectores DB9 tipo hembra.
- ✓ Cable Serial-USB con chip PL2032.
- ✓ 2 cables de red UTP CAT.5.
- ✓ 2 cables de energía de fuente poder.
- ✓ 3 cables de audio 3.5 mm stereo para salida y entrada de audio.
- ✓ Cable de video.

Para el servidor EchoLink se utiliza la placa Raspberry Pi con las siguientes características:

- ✓ Chip Broadcom BCM2835 SoC con procesador completo HD multimedia para aplicaciones.
- ✓ CPU (microprocesador) ARM1176JZF-S a 700 MHz.
- ✓ GPU (gráfica) Dual Core VideoCore IV Multimedia Co-Processor.



- ✓ Memoria 512MB SDRAM.
- ✓ Almacenamiento: Slot para SD o MMC.

Para el cliente EchoLink se utilizó un dispositivo portátil Ipad mini 4G, con las siguientes características:

- ✓ Procesador A5.
- ✓ 512 Mb memoria RAM.

## • Software

El software que se utilizará para controlar el sistema ROIP es el siguiente:

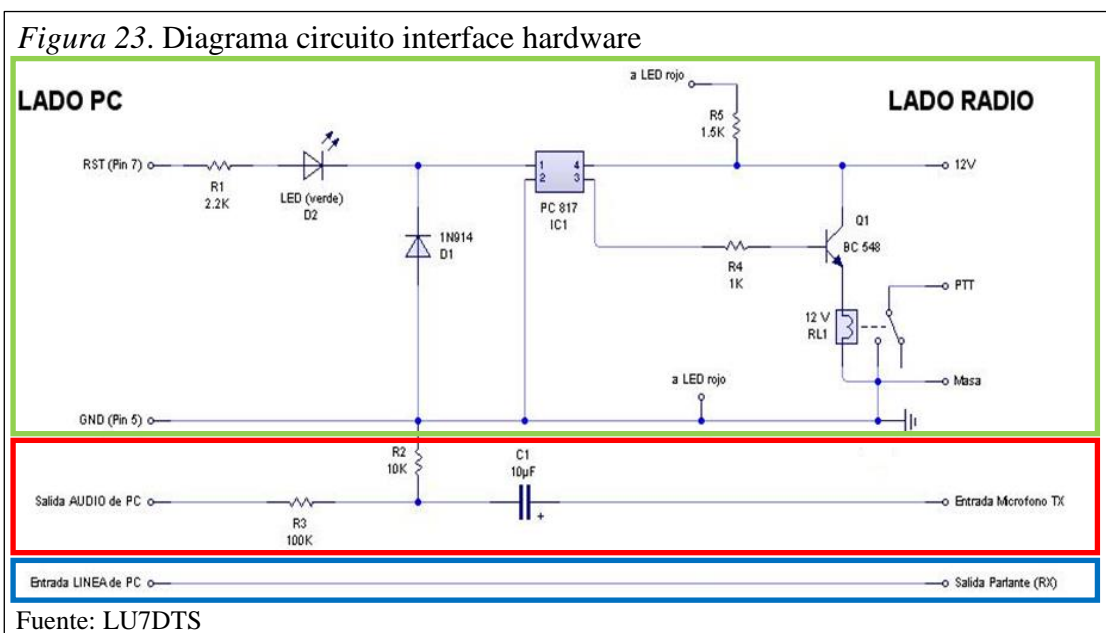
- ✓ Sistema operativo Linux Debian Weezy 7.0 (Raspbian) que debe instalarse en la memoria SD de la placa Raspberry Pi.
- ✓ El aplicativo svxlink server versión 13.07 que debe instalarse en la placa Raspberry Pi.
- ✓ El aplicativo EchoLink para IOS que debe instalarse en el Ipad.

## 4.2. Construcción del sistema ROIP

### 4.2.1. Interface EchoLink y modos digitales.

Para la construcción de la interface hardware se utilizó un diagrama básico, que permite la conexión de cualquier tipo de radio.

En la figura 23 se observa el diagrama del circuito de la interface hardware, separado en: lado PC y lado radio.



Esta muestra el circuito de la interface hardware dividido en tres partes, identificadas en cuadros de distintos colores:

**Cuadro azul:** Esta parte del circuito es la conexión que existe entre la salida de audio de la radio hacia la entrada de línea del micrófono de la PC.

**Cuadro rojo:** Esta parte del circuito describe la salida de audio de la PC hacia la línea de entrada de audio (micrófono) de la radio, para lo cual se utiliza un divisor de voltaje con el fin de reducir el volumen a la entrada del micrófono.

**Cuadro verde:** Esta parte del circuito describe cómo funciona el PTT del radio, la señal es recibida desde la PC por el pin 7 RTS del conector serial y es aislado a través de un autoacoplador PC-817, y un transistor BC-548 que controla un relé a 12V (el relé por defecto se encuentra abierto). Cuando la señal de audio es recibida por medio del pin 7 RTS desde el software svxlink server (EchoLink), esta provee el voltaje necesario a la base de transistor para cerrar el relé de 12V, conectando la línea del PTT a tierra permitiendo la transmisión.

El circuito tiene dos luces pilotos o testigos que son:

**Led rojo:** se enciende cuando el circuito está conectado a una fuente de alimentación de 12V DC.

**Led verde:** se enciende cuando se activa el relé del circuito.

- **Interface hardware lado conexión con la PC**

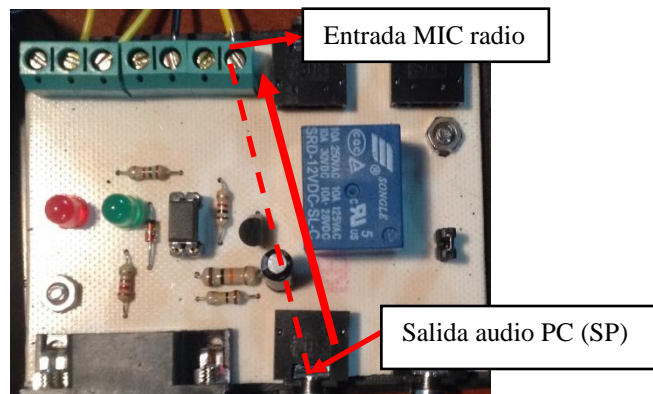
La interface hardware se utiliza para realizar la conexión entre la estación radio base con la PC, a continuación se describen sus componentes principales:

**Puerto serial (interface hardware):** conectado al puerto serial de computador.

Nota: La placa Raspberry Pi no tiene el puerto serial, para ello que se utilizó un cable convertidor de serial-USB.

**SP (parlantes PC):** Se conecta a la salida de audio del computador, es decir a los parlantes de la PC, puesto que internamente el circuito realiza la conexión en una línea de entrada de audio (MIC) con la radio, cuyo esquema se detalla a continuación:

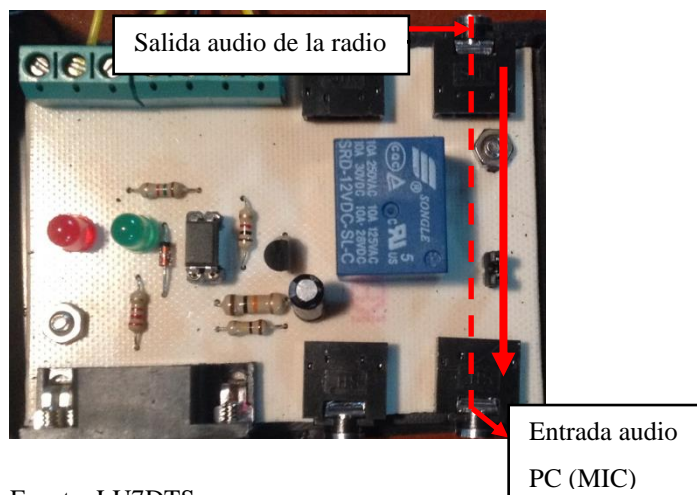
*Figura 24. Circuito interno speaker PC*



Fuente: LU7DTS  
Elaborado por: Orlando Jaramillo

**MIC (Micrófono PC):** se conecta a la entrada de audio del computador (conector de micrófono), puesto que internamente en el circuito realiza la conexión directa con la salida de audio de la radio, cuyo esquema se detalla en la figura 25.

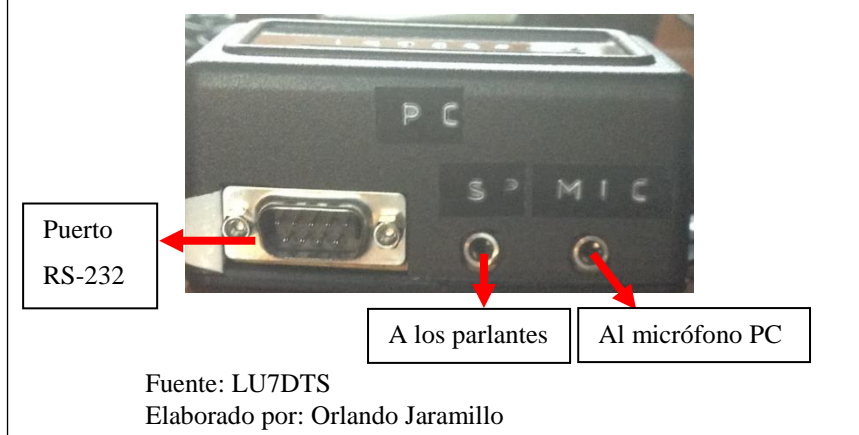
*Figura 25. Circuito interno MIC PC*



Fuente: LU7DTS  
Elaborado por: Orlando Jaramillo

En la figura 26, se observa específicamente el panel de conexiones del PC, esta consta de: una entrada RS-232 serial, una línea de salida de audio de la PC (conexión a los parlantes de la PC) y una línea entrada de audio a la PC (conexión al micrófono de la PC).

Figura 26. Vista panel de conexión computador (PC)



- **Interface hardware lado conexión con la radio**

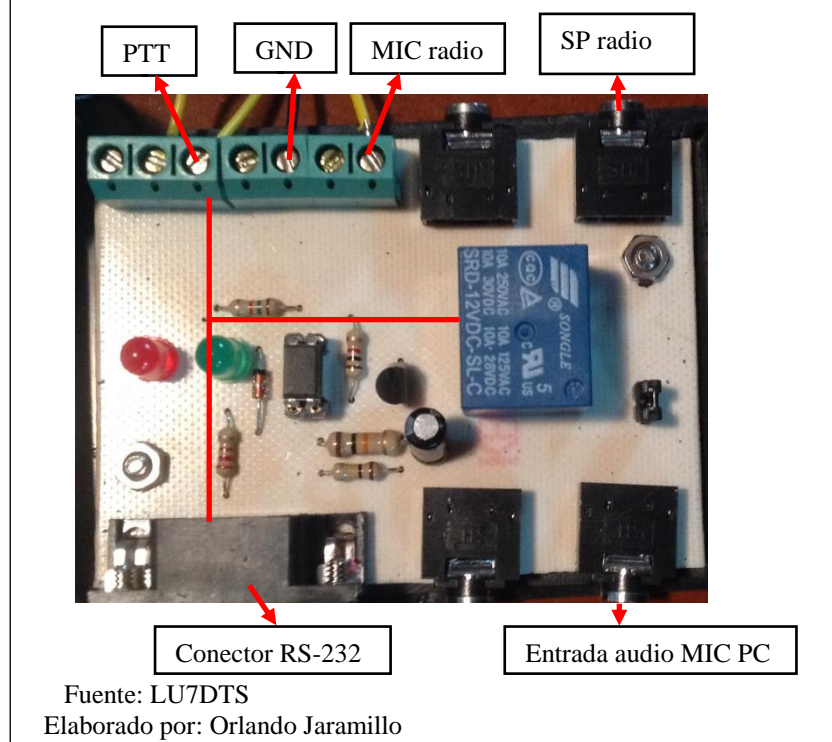
**SP radio:** se conecta a la salida de audio del radio.

**MIC:** se conecta al micrófono del radio.

**Cable entrada MIC radio:** Este cable se conecta a la entrada RJ-11 del radio.

Este cable contiene los hilos de: PTT, MIC, GND (tierra).

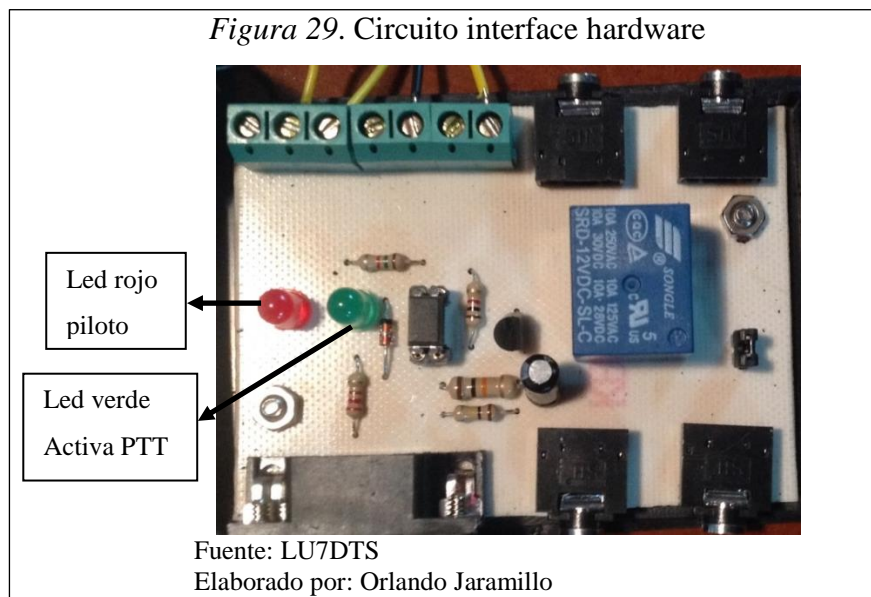
Figura 27. Circuito interno conexión radio PTT y MIC



En la figura 28 se observa el panel de conexiones de la radio, esta consta de: una salida de audio (SP), una entrada de micrófono (MIC), un cable (MIC, PTT, GND) que se conecta a la entrada del micrófono del radio.



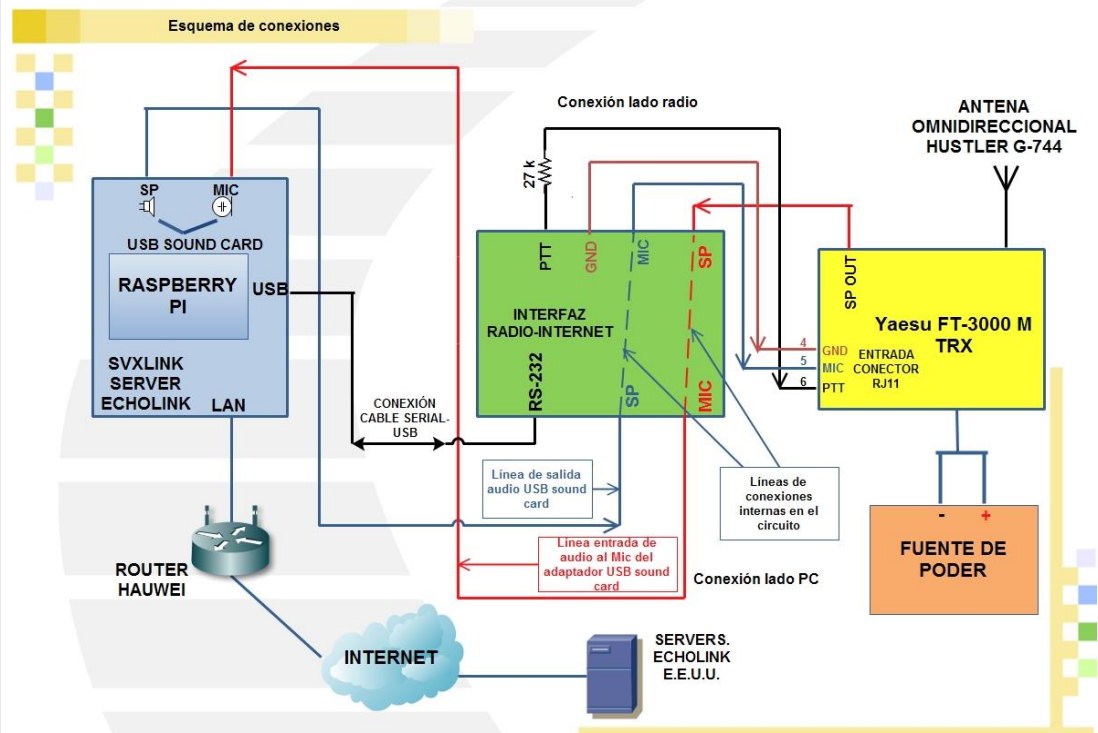
En la figura 29 se observan los diodos led de la interface hardware universal.



#### 4.2.2. Esquema de conexiones sistema ROIP.

La interconexión entre el radio con placa Raspberry Pi se establece a través de una interface hardware. El diagrama de conexiones indica la forma en que están conectados los dispositivos que forman parte del sistema ROIP, como se aprecia en la figura 30.

Figura 30. Esquema de conexiones sistema ROIP



Elaborado por: Orlando Jaramillo

#### 4.2.3. Construcción del sistema ROIP (Radio Over Ip).

Para la construcción del sistema ROIP se realiza lo siguiente:

- **Radio Yaesu FT-3000M con la estación móvil ICOM**

Para establecer la comunicación entre los dos dispositivos de radio se necesita sintonizar en el transceptor Yaesu FT-3000M la frecuencia 146.060 MHz, en el radio portátil ICOM-IZA la frecuencia 146.060 MHz.

Figura 31. Radios sintonizados en frecuencia repetidor/ra

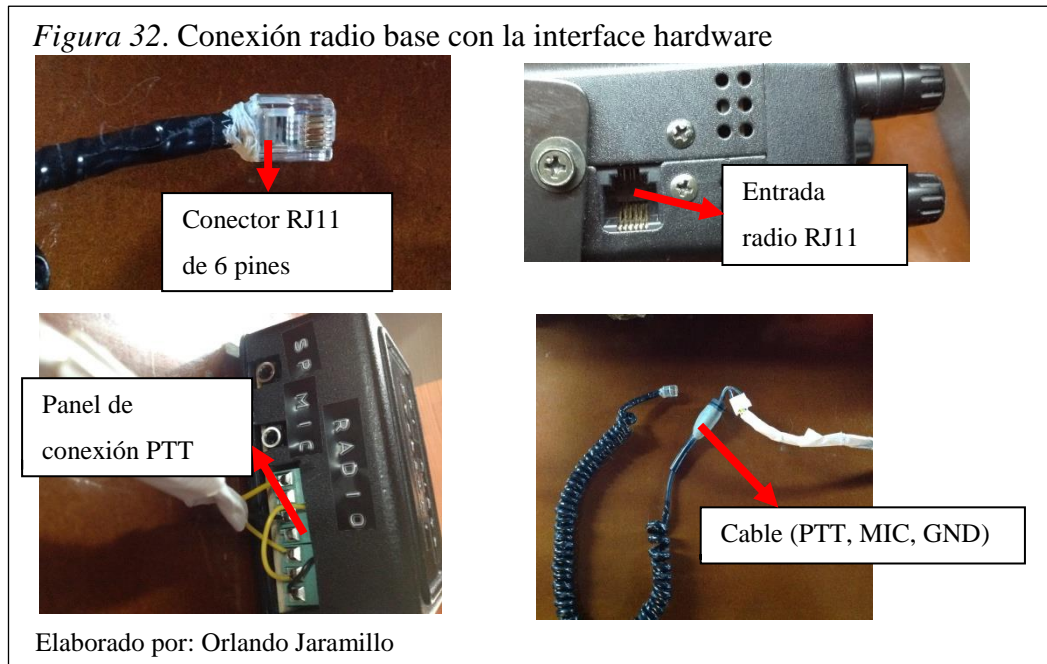


Elaborado por: Orlando Jaramillo



- **Conexión entre el radio base Yaesu FT-3000M con la interface hardware**

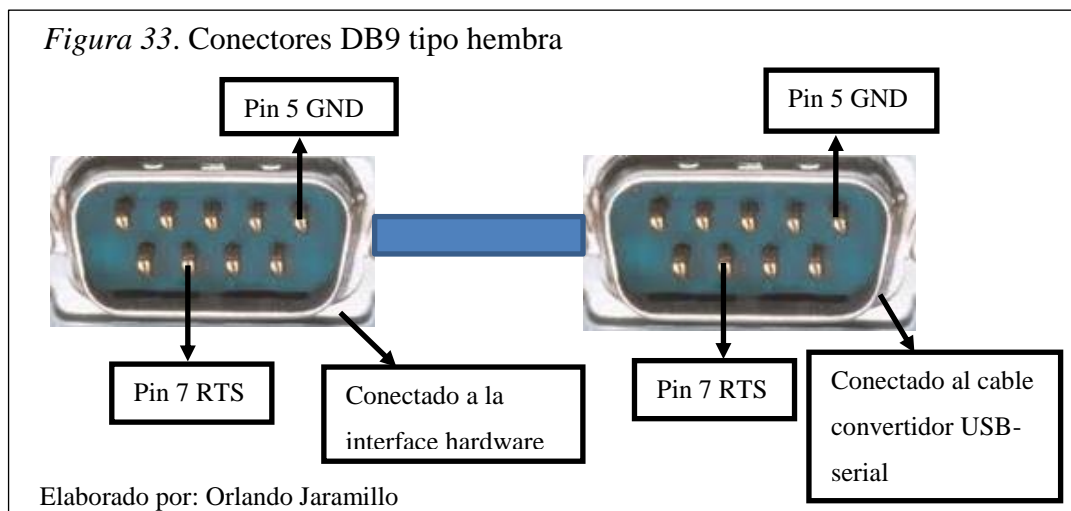
La interconexión del radio base con la interface hardware se utiliza el cable que contiene (PTT, MIC, GND) a través de un conector RJ11 de 6 pines.



- **Conexión PC (Raspberry Pi) con la interface hardware**

Para la conexión entre la interface hardware con la PC se utiliza un cable serial RS-232.

Los pines utilizados en el conector serial tipo hembra son: el pin 5 (GND) y el pin 7 (RTS). Como indica la figura 33, al soldar correctamente en ambos conectores tipo hembra los mismos números de pines, se tendrá la comunicación con el servidor.



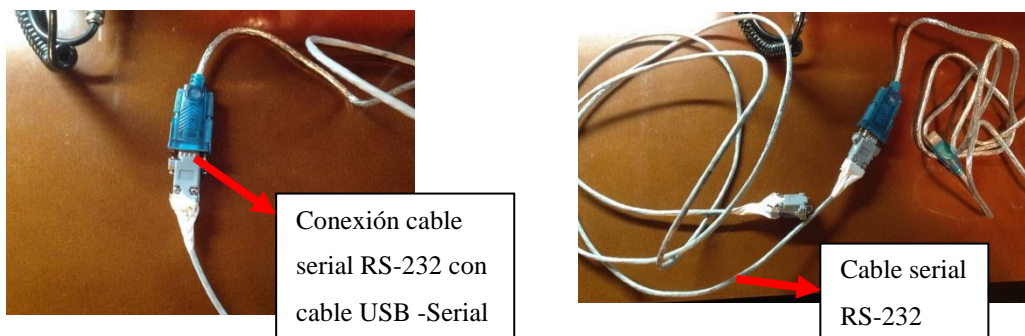
## Cable convertidor USB-SERIAL

Características convertidor USB-serial:

- ✓ Conector USB macho a serial DB-9 Macho.
- ✓ Compatible con las especificaciones USB 1.1V y 2.0V.
- ✓ Soporta la función de Plug and Play en caliente.
- ✓ Soporta la interface RS-232.
- ✓ Soporta el modo automático Handshake.
- ✓ Tasa de transferencia hasta 1 Mbps.
- ✓ Soporta administración remota de wake-up y de energía inteligente.
- ✓ Provee doble buffer para transferencia de datos de subida y bajada (upstream and downstream).
- ✓ Chip transductor USB incorporado.
- ✓ Cristal oscilador incorporado de 12 MHz.
- ✓ Voltaje de alimentación: de -0,3 Vdc hasta 6 Vdc (desde el propio USB).
- ✓ Temperatura de almacenamiento: -55 hasta 150 °C.

La placa Raspberry Pi no tiene el puerto serial, para ello se realiza la conexión a través de un cable conversor serial a USB como se observa.

*Figura 34. Cables Serial-USB*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

Luego se procede a realizar la conexión del cable serial-USB al puerto USB de la placa Raspberry Pi, como se ilustra.



*Figura 35. Conexión en placa Raspberry Pi*

Conexión Cable  
USB –Serial al  
puerto USB



Elaborado por: Orlando Jaramillo

La placa Raspberry Pi no tiene una entrada de audio (MIC), por esta razón se utiliza un adaptador USB sound card, como se observa.

*Figura 36. Adaptador USB sound card*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

Para realizar las conexiones de audio se utilizan dos cables: uno para la conexión de salida del audio (SP) y otro para la entrada de audio (MIC), como ilustra.

*Figura 37. Cable de conexión de audio*



El  
Elaborado por: Orlando Jaramillo

Luego se procede a conectar los cables de audio en los canales MIC y SP del adaptador USB sound card, como se observa.

*Figura 38. Conexión SP y Mic en USB sound card*



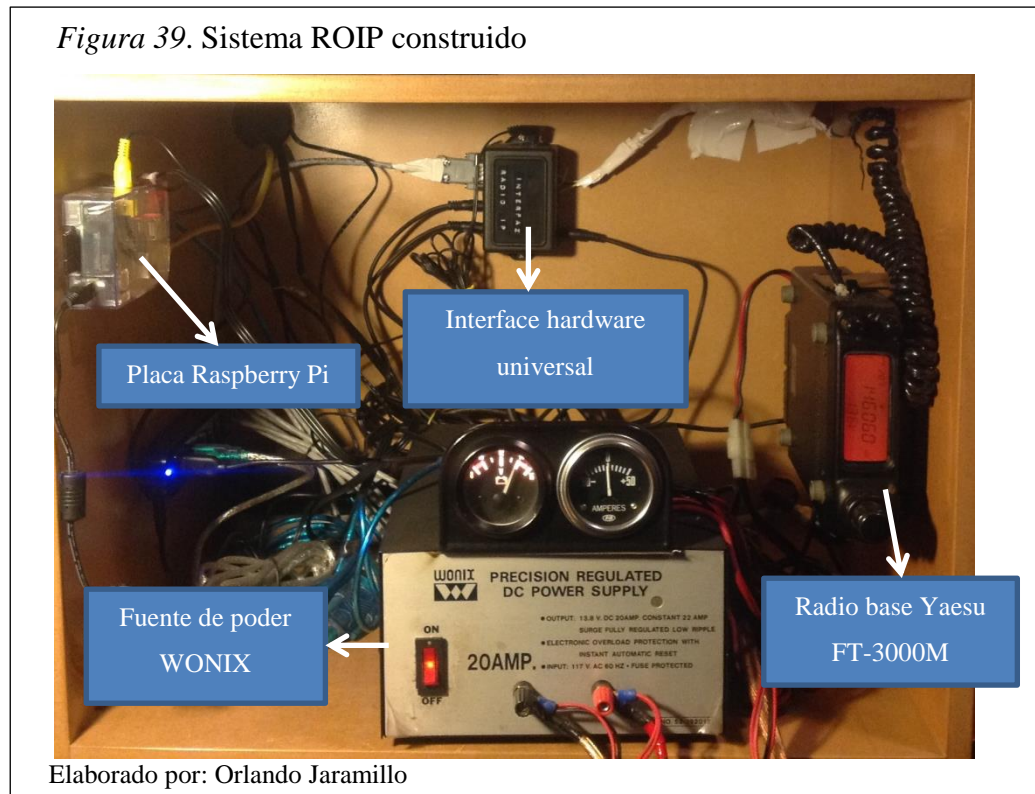
Salida de audio  
audífonos (SP)

Entrada de  
audio (MIC)

Elaborado por: Orlando Jaramillo

Nota: La placa Raspberry Pi tiene dos puertos USB, es por ello que se conecta un HUB USB.

En la figura 39 se aprecia en sistema de telecomunicaciones ROIP (Radio Over IP) construido.



#### 4.2.4. Instalación y configuración EchoLink en servidor Raspberry Pi.

Para la instalación en el servidor EchoLink, se eligió el paquete de radio svxlink server, debido a que trabaja bajo código abierto en Linux y es compatible con EchoLink. Este aplicativo funciona solo como servidor EchoLink.

En la placa Raspberry Pi se instaló el sistema operativo Debian Weezy 7.0, que es un sistema operativo predeterminado y recomendado, dando como resultado el sistema operativo Linux llamado Raspbian. Se escogió esta placa ya que “se utiliza para la construcción de proyectos de hardware o como herramienta para aprender a programar, físicamente de tamaño reducido y de bajo coste para facilitar la enseñanza de la informática en los colegios” (xataka). Es así que en esta placa se instaló en paquete de radio svxlink server, el cual funciona como servidor EchoLink.

- **Credencial para acreditar a un radioaficionado**

Una dificultad que se tiene para ser un radioaficionado es que para ello se deben cumplir ciertos requisitos: una adecuada capacitación en el uso de los equipos, y superar un examen de aptitud, el cual consta de dos pruebas:

1.- Dominio de la normativa reglamentaria referente a las estaciones de radioaficionado que debe sujetarse a las disposiciones de la Secretaría de Telecomunicaciones y a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

2.- Dominio de conocimientos suficientes de electricidad y radioelectricidad para operar una estación de radioaficionado.

Para la obtención de la credencial de radioaficionado se debe sujetar a la siguiente normativa:

1.- Cumplimiento de requisitos que estén enmarcados en las leyes civiles y militares ecuatorianas para que el estado le otorgue la credencial respectiva.

2.- Poseer una actitud responsable, que se practique valores éticos y valores morales, entre los que podemos destacar la responsabilidad, honradez, lealtad, solidaridad, altruismo y sobre todo ser patriótico, es decir estar siempre dispuesto a servir a la patria y a la comunidad.

- **Registro del indicativo de radioaficionado en el servidor EchoLink**

El programa EchoLink solo permite el ingreso únicamente de los radioaficionados, para lo cual se necesita registrar el indicativo en la página web (<http://www.echolink.org/>) de EchoLink, enviando la copia de la licencia escaneada. Los radioaficionados administradores que están a cargo del sistema EchoLink, verifican que la licencia sea válida y activan el indicativo, para que el radioaficionado acceda sin problemas al software EchoLink.

En el trabajo de grado se registró en los servidores de EchoLink, los indicativos HC1RU y HC1RX, los cuales pertenecen a dos radioaficionados.

Nota: Al no ser legible la copia de la licencia, o al estar caducada, los administradores de EchoLink, envían un correo electrónico en idioma inglés, en el

que se indica que la copia de la licencia no cumple con los requisitos anteriormente mencionados.

- **Registro del nodo repetidor en el servidor EchoLink**

Para la creación del nodo repetidor HC1RU-R se realizó los siguientes pasos detallados a continuación:

1. Registro del indicativo HC1RU en la página web (<http://www.echolink.org/>), explicado anteriormente.
2. Descarga e instalación del software EchoLink.exe en Windows.
3. Ingreso del indicativo HC1RU-R en el software EchoLink, el prefijo “-R” con el cual se identifica que el sistema ROIP, está conectado a una frecuencia repetidor/ra.
4. Ingreso de una contraseña.
5. Enviar nuevamente una copia de la licencia de radioaficionado, para posterior ingreso a EchoLink, en modo nodo repetidor.
6. Finalmente los administradores de EchoLink envían un correo electrónico, indicando que el nodo repetidor se encuentra habilitado.

- **Instalación svxlink server (EchoLink)**

Svxlink server es un programa de código abierto que funciona como un servidor EchoLink, el mismo que controla el sistema ROIP, para la correcta instalación del programa svxlink server se necesita seguir los siguientes pasos:

Paso 1:

Se necesita que el sistema Debian Weezy este actualizado, para ello se procede a instalar las actualizaciones, mediante el siguiente comando:

```
sudo apt-get update && sudo apt-get upgrade
```

Paso 2:

Seguidamente se procede a instalar las librerías que son requeridas, para la correcta compilación de las clases del software svxlink server, ya que se encuentra programado en código C++. Para ello se debe ingresar el siguiente comando:

```
sudo apt-get install g++ make libsigc++-2.0-dev libgsm1-dev libpopt-dev tcl8.5-dev  
libgcrypt-dev libspeex-dev libasound2-dev alsa-utils libqt4-dev
```

Paso 3:

Descargar el paquete svxlink server, la versión estable es 13.07, con el siguiente comando:

```
sudo wget http://sourceforge.net/projects/svxlink/files/svxlink/13.07/svxlink-  
13.07.tar.gz
```

Paso 4:

Con el siguiente comando se descomprime el paquete:

```
tar xvzf svxlink-13.07.tar.gz
```

Paso 5:

Entrar en la carpeta svxlink-13.07 con el siguiente comando:

```
cd svxlink-13.07
```

Paso 6:

Dentro de esta carpeta se procede a compilar el paquete con el siguiente comando:

```
sudo make
```

Nota: Si la instalación de los prerequisites son correctos, este paso debe tomar al menos 30 minutos en la compilación, caso contrario se debe eliminar la carpeta svxlink-13.07, y reinstalar los prerequisites nuevamente.

Paso 7:

Con el siguiente comando se procede a la instalación de svxlink:

```
sudo make install
```

Nota: Si no aparece ningún error en la instalación del paquete svxlink server, se entiende que el software se instaló correctamente.

- **Instalación archivos de sonido**

Svxlink server proporciona un aviso de voz en inglés del indicativo al conectarse al sistema ROIP, los archivos de sonido tienen dos versiones: 8k y 16k. En este caso se utiliza 8k, ya que la Raspberry Pi no es compatible con 16K.

Para la correcta instalación de los archivos de sonido se necesita seguir los siguientes pasos:

Paso 1:

Descargar los archivos de sonido con el siguiente comando:

```
wget http://sourceforge.net/projects/svmlink/files/sounds/13.07/sounds-en_US-heather-8k-13.07.tar.bz2
```

Paso 2:

Descomprimir el archivo en la carpeta de descarga con el siguiente comando:

```
tar -jxvf sounds-en_US-heather-8k-13.07.tar.bz2
```

Paso 3:

Posicionarse en la siguiente ruta con el siguiente comando:

```
cd /usr/share/svmlink
```

Paso 4:

Crear una carpeta llamada sounds con el siguiente comando:

```
sudo mkdir sounds
```

Paso 5:

Ingresar en la carpeta sounds con el siguiente comando:

```
cd sounds
```

Paso 6:

Dentro de esta carpeta crear otra llamada en\_US con el siguiente comando:

```
sudo mkdir en_US
```

Paso 7:

Luego regresar al path donde se descomprimió el paquete US-heather-8k y se escribe el siguiente comando:

```
sudo cp -r /home/en_US-heather-8k/* /usr/share/svmlink/sounds/en_US
```

La instalación de los archivos de sonido está completa.

#### **4.2.5. Configuración svmlink server.**

Para el correcto funcionamiento del software svmlink server se deben editar los siguientes archivos:

- ✓ /etc/modprobe.d/alsa-base.conf
- ✓ /etc/svmlink/svmlink.d/ModuleEchoLink.conf
- ✓ /etc/svmlink/svmlink.conf
- ✓ /etc/asound.conf (crear si no existe el archivo)

- **Edición archivo alsa-base.conf**

En este archivo se encuentra la configuración de sonido del sistema Debian Weezy.

Para editar este archivo se utiliza el siguiente comando:

```
sudo nano /etc/modprobe.d/alsa-base.conf
```

Luego se debe posicionar en la siguiente línea:

```
options snd-usb-audio index=-2 //y cambiar el valor de -2 a 0.
```

Presionar las teclas ctrl+o para guardar el archivo.

Presionar las teclas ctrl+x para salir del archivo.

- **Edición archivo ModuleEchoLink.conf**

En este archivo se encuentra el módulo del sistema EchoLink, en el que detallan ciertos parámetros como el indicativo y la contraseña.

Nota: En este archivo se encuentra la configuración del proxy server, si no se tiene una conexión directa, a los puertos (5198, 51999) UDP y (5200) TCP en el router se procede a realizar la conexión a través de un servidor proxy.

Para editar este archivo se utiliza el siguiente comando:

```
sudo nano /etc/svmlink/svmlink.d/ModuleEchoLink.conf
```

Posicionarse en las siguientes líneas de código

```
#ALLOW_IP=192.168.1.0/24 //Eliminar el #
```

```
CALLSIGN=HC1RU-R //Ingresar indicativo con el prefijo -R
```

```
PASSWORD=contraseña
```

```
SYSOPNAME=NODO REPETIDOR //Aparece en la lista de EchoLink
```

```
LOCATION= 146.060 MHz+600, Quito //Descripción de la frecuencia de trabajo
```

Las siguientes líneas de código son referentes a la descripción de la infraestructura del sistema de radiofrecuencia:

```
DESCRIPTION="Estas conectado al software Svmlink,\n"
```

```
"un servicio de voz con sistema operativo Linux EchoLink\n"
```

```
"support.\n"
```

“Más información <http://svxlink.sf.net/> \n”

“\n”

“QTH: Quito\n”

“QRG: Repetidor Radio Club Halcones 146.060 MHz\n”

“CTCSS: \n”

“Trx: Yaesu FT-3000M\n”

“Antenna: Hustler omnidireccional 7dB\n”

Presionar las teclas ctrl+o para guardar el archivo.

Presionar las teclas ctrl+x para salir del archivo.

- **Edición archivo svxlink.conf**

En este archivo de configuración se encuentra todo con respecto al módulo EchoLink, es decir los tiempos de retardo en transmisión y en recepción.

Para el correcto funcionamiento de sistema ROIP con software EchoLink (svxlink server) se necesitan realizar las siguientes configuraciones:

Para editar este archivo se utiliza el siguiente comando:

```
sudo nano /etc/svxlink/svxlink.conf
```

Dentro de este archivo se necesita realizar lo siguiente:

[SimplexLogic]

MODULES=ModuleEchoLink //Módulo de EchoLink

CALLSIGN=HC1RU //Ingresar el indicativo del radioaficionado

[Rx1]

AUDIO\_DEV=alsa:plughw:0 //Dispositivo USB sound card

SQL\_DET=VOX //Forma automática detección audio

SQL\_START\_DELAY=0 //Squelch de retardo de arranque por defecto es cero

SQL\_DELAY=100 //Squelch retardo final cambiar a 300

SQL\_HANGTIME=500 //Cambiar a 5000

[Tx1]

AUDIO\_DEV=alsa:plughw:1 //Adaptador USB sound card



PTT\_PORT=/dev/ttyUSB0 //Para activar RTS en puerto Serial-USB

PTT\_PIN=RTS //Pin RTS

SQL\_HANGTIME=500 // cambiar a 1000

TX\_DELAY=200 // retardo en transmisión cambiar a 500

Presionar las teclas ctrl+o para guardar el archivo

Presionar las teclas ctrl+x para salir del archivo

- **Edición archivo asound.conf**

En este archivo de configuración se encuentra el código que permite el correcto funcionamiento del sistema de audio.

Para editar en este archivo se utiliza el siguiente comando:

```
sudo nano /etc/asound.conf
```

Nota: si no existe este archivo hay que crearlo.

Se añaden estas siguientes líneas de código

```
pcm.mmap0 {  
type mmap_emul;  
slave {  
pcm "hw:0,0";  
}  
}
```

Poner # en las siguientes líneas de código:

```
#pcm.!default {  
# type plug;  
# slave {  
# pcm mmap0;  
# }  
#}
```

Agregar el siguiente código al final:

```
pcm.lowrec {  
type plug  
slave {  
pcm "hw:1,0" } }
```

Presionar las teclas ctrl+o para guardar el archivo.

Presionar las teclas ctrl+x para salir del archivo.

Al concluir la configuración del paquete svxlink server, mediante el siguiente comando se procede a reiniciar el sistema:

sudo reboot

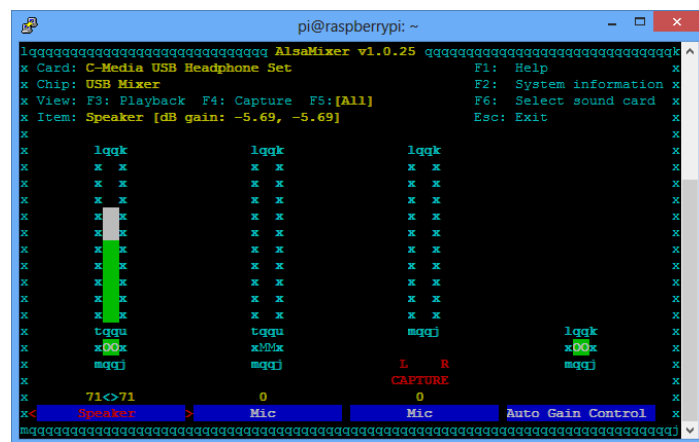
- **Configuración sonido svxlink**

Para la configuración del sonido speaker y MIC, ingresar el siguiente comando:

sudo alsamixer

Luego de ingresar el comando alsamixer se observa la siguiente pantalla para el control del sonido (figura 40), para ello el speaker debe estar en 71 y el MIC en 0.

*Figura 40. Configuración de audio svxlink*



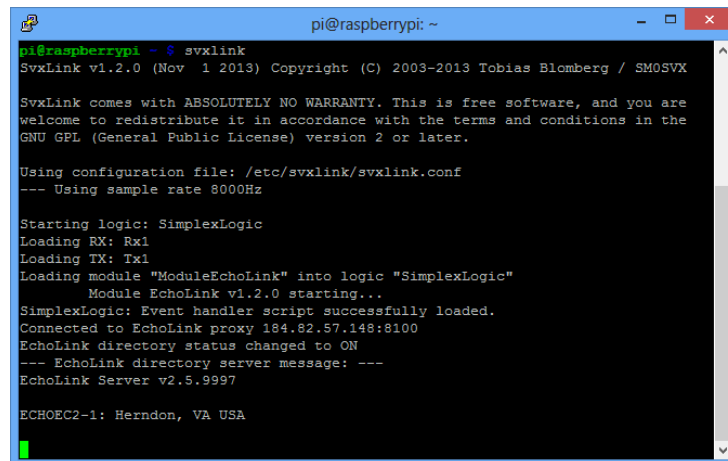
Elaborado por: Orlando Jaramillo

Finalmente se procede a ejecutar el software svxlink server como ilustra la figura 41, con el siguiente comando:

svxlink

Al ingresar el comando svxlink, el programa se ejecuta y está listo para recibir a los usuarios (radioaficionados).

Figura 41. Ejecución svxlink server



```
pi@raspberrypi: ~  
$ svxlink  
SvxLink v1.2.0 (Nov 1 2013) Copyright (C) 2003-2013 Tobias Blomberg / SM0SVX  
  
SvxLink comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software, and you are  
welcome to redistribute it in accordance with the terms and conditions in the  
GNU GPL (General Public License) version 2 or later.  
  
Using configuration file: /etc/svxlink/svxlink.conf  
--- Using sample rate 8000Hz  
  
Starting logic: SimplexLogic  
Loading RX: Rx1  
Loading TX: Tx1  
Loading module "ModuleEchoLink" into logic "SimplexLogic"  
Module EchoLink v1.2.0 starting...  
SimplexLogic: Event handler script successfully loaded.  
Connected to EchoLink proxy 184.82.57.148:8100  
EchoLink directory status changed to ON  
--- EchoLink directory server message: ---  
EchoLink Server v2.5.9997  
  
ECHOEC2-1: Herndon, VA USA
```

Elaborado por: Orlando Jaramillo

- **Configuración de los puertos UPD y TCP en el router**

Para el correcto funcionamiento del sistema ROIP en nodo repetidor HC1RU-R, es necesario habilitar los puertos UDP (5198-5199) y TCP (5200) para que el usuario cliente (radioaficionado) no tenga problemas de conexión fallida al momento de conectarse. Se necesita realizar la configuración en router como ilustra la figura 42 y para ello se realiza lo siguiente:

- ✓ Ingresar a la tabla NAT – virtual server del router.
- ✓ Ingresar el nombre del software EchoLink.
- ✓ Ingresar los rangos de los protocolos UPD y TCP 5198-5200.
- ✓ Ingresar la dirección IP del servidor EchoLink (svxlink server).

Figura 42. Tabla NAT router

NAT - Virtual Server	
Virtual Server for	Single IP Account
Rule Index	1
Application	Echolink
Protocol	ALL
Start Port Number	5198
End Port Number	5200
Local IP Address	192.168.1.5
Start Port(Local)	5198
End Port(Local)	5200

Elaborado por: Orlando Jaramillo

Al ingresar los parámetros en la tabla NAT - Virtual Server del router se observa la lista de Virtual Server como una regla para aceptar la conexión con el puerto UPD (5198,5199) y la salida a través de Internet al puerto TCP 5200 (figura 43).

*Figura 43. Regla en el router para software EchoLink puertos UDP y TCP*

Virtual Server Listing							
Rule	Application	Protocol	Start Port	End Port	Local IP Address	Start Port(Local)	End Port(Local)
1	Echolink	ALL	5198	5200	192.168.1.5	5198	5200

Elaborado por: Orlando Jaramillo

- **EchoLink Proxy**

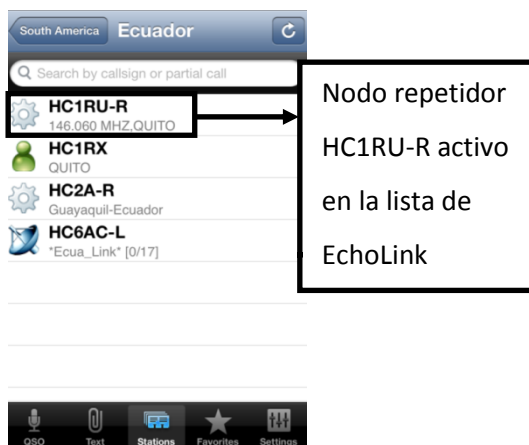
EchoLink proxy es un sistema software que funciona como un servidor proxy, cuando no se tiene acceso a la configuración del router.

Ver EchoLink Proxy anexo 1.

- **EchoLink cliente usuario radioaficionado**

El usuario (radioaficionado) accede al programa EchoLink como cliente por medio de la aplicación EchoLink en Windows o también a través de la aplicación EchoLink en IOS o Android de un dispositivo portátil, el nodo repetidor HC1RU-R, se encuentra activo como se observa en la figura 44.

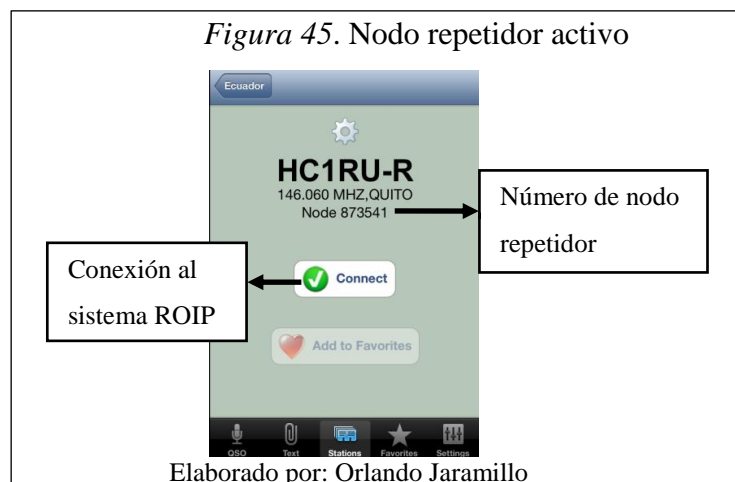
*Figura 44. Nodo repetidor activo en lista en EchoLink (IPAD)*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

En la figura 45 se observa el número de nodo repetidor, el cual es asignado por los administradores del programa EchoLink, este número consta de 6 dígitos.

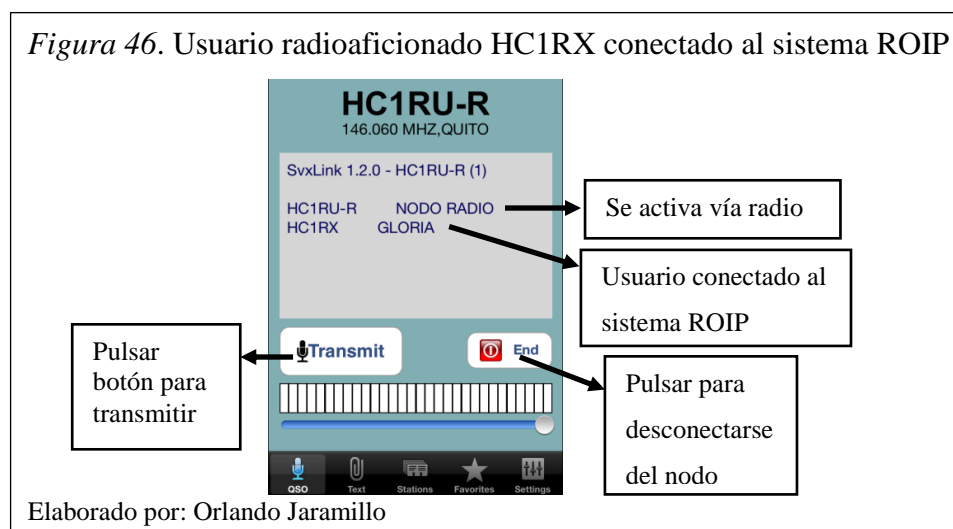
Al presionar el botón Connect el usuario radioaficionado, se conecta al sistema ROIP en nodo repetidor HC1RU-R.



El usuario (radioaficionado) al conectarse al nodo repetidor HC1RU-R activa el sistema ROIP, y se envía una grabación en inglés informando que se encuentra conectado a un servidor svxlink server, en sistema operativo Linux, cuando se termine de reproducir el mensaje, el radioaficionado puede hacer uso del sistema.

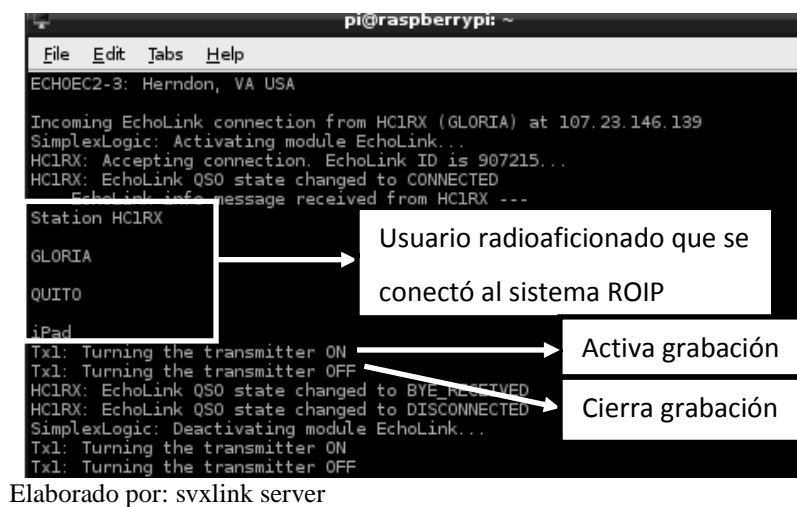
Al pulsar el botón Transmit, se está transmitiendo en la frecuencia repetidor/ra 146.060MHz+600KHz.

En la figura 46 se observa el indicativo nodo repetidor HC1RU-R y el indicativo de usuario radioaficionado (HC1RX) que se conectó al sistema ROIP.



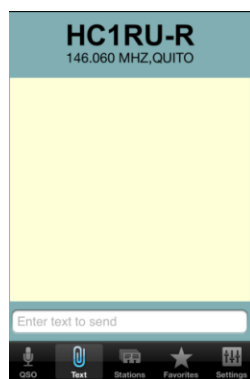
El servidor svxlink server verifica el nombre y el indicativo del radioaficionado que ingresó al sistema ROIP, luego una grabación envía un mensaje hablado en idioma inglés a la radio en frecuencia repetidor 146.060MHz+600KHz, con el indicativo del radioaficionado que se conecta, En la figura 47 se observa la conexión del radioaficionado HC1RX.

*Figura 47.* Servidor svxlink verifica la conexión usuario radioaficionado HC1RX



Cuando el radioaficionado está conectado al sistema ROIP, puede realizar llamadas a la frecuencia de repetidor/ra 146.060MHz+600KHz, como enviar mensajes de texto entre usuarios de EchoLink.

*Figura 48.* Panel de mensajes



Elaborado por: Orlando Jaramillo

Los usuarios (radioaficionados) con sus estaciones de radio, escuchan los indicadores de los radioaficionados que se conectan y desconectan al sistema ROIP a través del software EchoLink, el sistema envía un mensaje de voz en inglés a los usuarios de la radiofrecuencia.

Cabe decir que mediante códigos DTMF a través de la radiofrecuencia, el radioaficionado puede activar el sistema ROIP, para verificar su funcionamiento (figura 49).

*Figura 49. Servidor svxlink server*

```
ECH0EC2-3: Herndon, VA USA

Incoming EchoLink connection from HC1RX (GLORIA) at 107.23.146.139
SimplexLogic: Activating module EchoLink...
HC1RX: Accepting connection. EchoLink ID is 907215...
HC1RX: EchoLink QSO state changed to CONNECTED
--- EchoLink info message received from HC1RX ---
Station HC1RX

GLORIA

QUITO

iPad
Tx1: Turning the transmitter ON
Tx1: Turning the transmitter OFF
HC1RX: EchoLink QSO state changed to BYE_RECEIVED
HC1RX: EchoLink QSO state changed to DISCONNECTED
SimplexLogic: Deactivating module EchoLink...
Tx1: Turning the transmitter ON
Tx1: Turning the transmitter OFF
Rx1: The squelch is OPEN (26.9363)
SimplexLogic: digit=*
Rx1: The squelch is CLOSED (39.5742)
Tx1: Turning the transmitter ON
Tx1: Turning the transmitter OFF
```

Ingresa "\*" código DTMF  
vía radio

Elaborado por: Orlando Jaramillo

El sistema ROIP envía cada cierto tiempo un mensaje a la radiofrecuencia en repetidor/ra 146.060MHz+600KHz, a través de un módulo se reproduce una grabación en inglés indicando que la frecuencia está conectada a EchoLink, en la figura 50 se observa cuando el sistema activa la baliza informativa, a través del módulo SimplexLogic.

*Figura 50. Envío de grabación en inglés al radio*

```
SimplexLogic: Activating module EchoLink...
HC1RX: Accepting connection. EchoLink ID is 907215...
HC1RX: EchoLink QSO state changed to CONNECTED
--- EchoLink info message received from HC1RX ---
Station HC1RX

GLORIA

QUITO

iPad
Tx1: Turning the transmitter ON
Tx1: Turning the transmitter OFF
HC1RX: EchoLink QSO state changed to BYE_RECEIVED
HC1RX: EchoLink QSO state changed to DISCONNECTED
SimplexLogic: Deactivating module EchoLink...
Tx1: Turning the transmitter ON
Tx1: Turning the transmitter OFF
Rx1: The squelch is OPEN (26.9363)
SimplexLogic: digit=*
Rx1: The squelch is CLOSED (39.5742)
Tx1: Turning the transmitter ON
Tx1: Turning the transmitter OFF
SimplexLogic: Sending long identification...
Tx1: Turning the transmitter ON
Tx1: Turning the transmitter OFF
```

Envío de baliza  
informativa

Elaborado por: Orlando Jaramillo

## CAPÍTULO 5

### EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se detalla la obtención y análisis de resultados de las pruebas realizadas en el funcionamiento del sistema ROIP, con el software Wireshark para la captura de paquetes, y las mediciones a través de instrumentos.

#### 5.1. Elaboración de pruebas experimentales

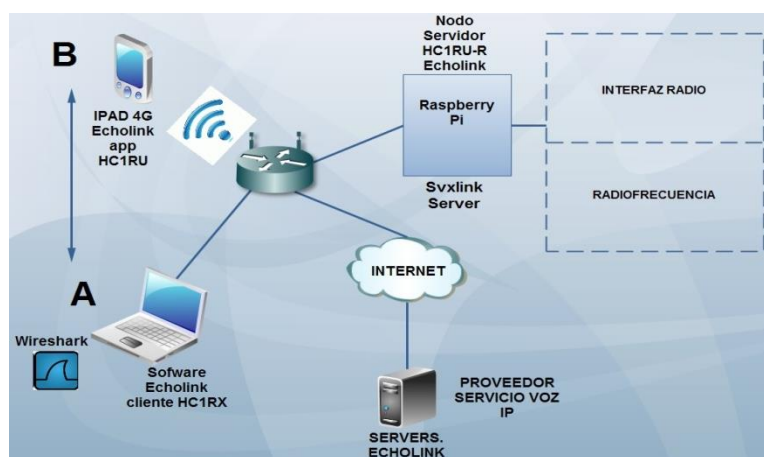
Las pruebas experimentales se las realizó en tres escenarios:

##### 5.1.1. Escenario 1: Llamada entre EchoLink cliente Windows(A) con el Ipad (B).

La prueba de este escenario identifica a la llamada de voz que se realiza entre los dispositivos A y B, con el siguiente procedimiento:

- ✓ Wireshark se ejecuta en Windows con el cliente EchoLink con el usuario radioaficionado HC1RX.
- ✓ Se realiza una transmisión Radio Over IP desde el cliente EchoLink en Windows (HC1RX), y se recibe la transmisión en el usuario radioaficionado HC1RU en Ipad 4G.
- ✓ Se deja de transmitir.
- ✓ Se detiene la captura de paquetes en Wireshark

*Figura 51. Escenario 1: Llamada entre HC1RX con HC1RU en nodo repetidor HC1RU-R*



Elaborado por: Orlando Jaramillo



Al realizar la comunicación entre el software EchoLink en Windows con el software EchoLink en IOS se capturó los siguientes paquetes UDP.

**Figura 52. Captura de paquetes UDP**

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4710	616.730989	sony_a3:46:f8	Broadcast	ARP	60	who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.11
4711	618.137505	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	142	Source port: 5199 Destination port: 5199
4712	618.137641	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	142	Source port: 5199 Destination port: 5199
4713	618.137810	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	121	Source port: 5198 Destination port: 5198
4714	618.137883	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	121	Source port: 5198 Destination port: 5198
4715	619.137514	192.168.1.3	174.129.209.125	UDP	98	Source port: 5199 Destination port: 5199
4716	619.137633	192.168.1.3	174.129.209.125	UDP	98	Source port: 5199 Destination port: 5199
4717	619.251183	174.129.209.125	192.168.1.3	UDP	98	Source port: 5199 Destination port: 5199

Frame 4713: 121 bytes on wire (968 bits), 121 bytes captured (968 bits) on interface 0  
 Ethernet II, Src: Sony\_c4:a0:da (00:24:be:c4:a0:da), Dst: Internet\_d8:7a:28 (00:e0:4d:d8:7a:28)  
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.3 (192.168.1.3), Dst: 184.82.57.131 (184.82.57.131)  
 User Datagram Protocol, Src Port: 5198 (5198), Dst Port: 5198 (5198)  
 Data (79 bytes)

```

0000  00 e0 4d d8 7a 28 00 24  be c4 a0 da 08 00 45 00  ..M.Z(.$. ....E.
0010  00 60 7c 87 00 00 80 11  0a 7a c0 a8 01 03 b8 52  .K!.....z....R
0020  39 83 14 4e 14 4e 00 57  55 28 6f 4e 44 41 54 41  9..N.N.W U(NDATA
0030  00 42 49 45 4e 56 45 4e  49 44 4f 53 20 41 4c 20  .B.EVEN IDOS AL
0040  52 45 50 45 54 49 44 4f  52 0d 0d 43 49 55 44 41  .REPETIDO R..CTUDA
0050  44 20 44 45 20 51 55 49  54 4f 0d 0d 46 52 45 43  .D DE QUI TO..FREC
0060  55 45 4e 43 49 41 0d 0d  51 3d 3e 3e 3d 3e 3d 3e  .IENCTA 1d6 060
  
```

Elaborado por: Orlando Jaramillo

Al seleccionar la captura de paquete, se observa el datagrama UDP, los puertos en los que trabaja el software EchoLink 5198 y 5199 UDP.

El puerto origen puede ser cualquier número, en cambio el puerto destino siempre debe ser 5198 o 5199 UDP, en este caso se ha utilizado el número de puerto 5199 como origen y destino.

En el recuadro de color azul se observa el datagrama UDP y en el recuadro de color rojo se observa el mensaje en código hexadecimal.

**Figura 53. Datagrama UDP**

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
8	12.1534580	192.168.1.3	192.168.1.1	DNS	86	Standard query 0x5a54 PTR 131.57.82.184.in-addr.arpa
9	12.1538010	192.168.1.3	192.168.1.1	DNS	86	Standard query 0x5a54 PTR 131.57.82.184.in-addr.arpa
10	12.1551700	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	142	Source port: 5198 Destination port: 5199
11	12.1552850	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	142	Source port: 5199 Destination port: 5199
12	12.1558490	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	121	Source port: 5198 Destination port: 5198
13	12.1577610	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	142	Source port: 5198 Destination port: 5199
14	12.1577620	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	142	Source port: 5199 Destination port: 5199
15	12.1577630	192.168.1.3	184.82.57.131	UDP	121	Source port: 5198 Destination port: 5198
16	12.7588110	184.82.57.131	192.168.1.3	UDP	118	Source port: 5199 Destination port: 5199

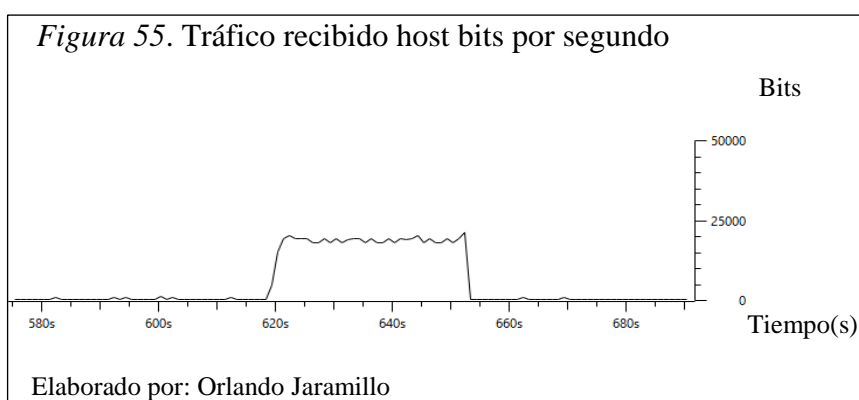
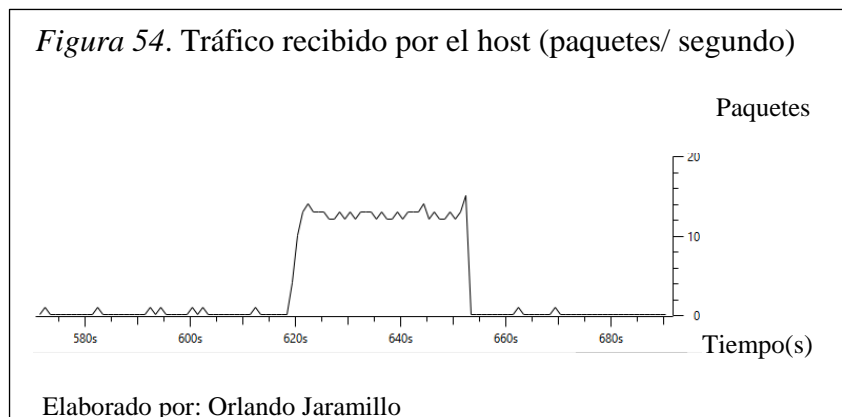
Frame 11: 142 bytes on wire (1136 bits), 142 bytes captured (1136 bits) on interface 0  
 Ethernet II, Src: Sony\_c4:a0:da (00:24:be:c4:a0:da), Dst: Internet\_d8:7a:28 (00:e0:4d:d8:7a:28)  
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.3 (192.168.1.3), Dst: 184.82.57.131 (184.82.57.131)  
 User Datagram Protocol, Src Port: 5199 (5199), Dst Port: 5199 (5199)  
 Source port: 5199 (5199)  
 Destination port: 5199 (5199)  
 Length: 108  
 Checksum: 0x4aaa [validation disabled]  
 [good checksum: false]  
 [bad checksum: false]  
 Data (100 bytes)  
 Data: c0c9000100000000e1ca001600000000010843414c4c5349...

```

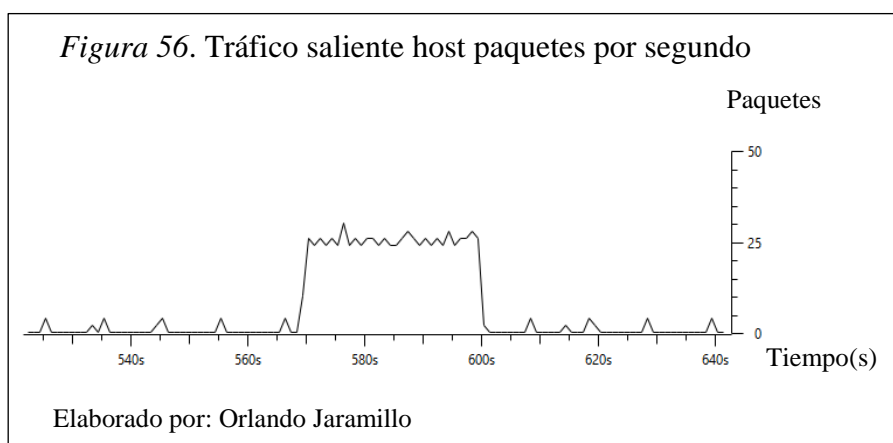
0000  00 e0 4d d8 7a 28 00 24  be c4 a0 da 08 00 45 00  ..M.Z(.$. ....E.
0010  00 80 76 b0 00 00 80 11  10 31 c0 a8 01 03 b8 52  .V.V.....1....R
0020  39 83 14 4f 14 4f 00 6c  4a aa c0 c3 00 01 00 00  9..O.O.1 1.....
0030  00 00 e1 ca 00 16 00 00  00 00 01 08 43 41 4c 4c  .....CALL
0040  53 49 47 46 02 14 48 43  31 52 53 20 20 20 20 20  .STON..HC IRU
0050  20 20 20 20 47 6c 6f 72  69 61 03 08 43 41 4c 4c  .Glor ia..CALL
0060  53 49 47 46 02 14 48 43  31 52 53 20 20 20 20 20  .STON 53 2dhn11
  
```

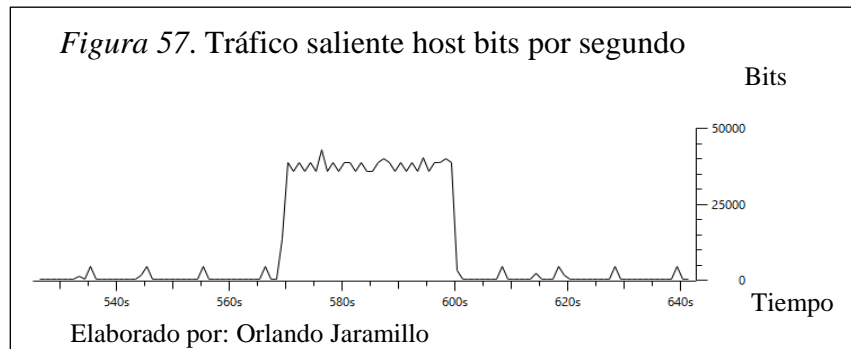
Elaborado por: Orlando Jaramillo

En las figuras 54 y 55 se observan las gráficas de la captura de tráfico UDP, llegando al host en donde se pueden apreciar los paquetes y bits enviados en segundos.



En las figuras 56 y 57 se observan las gráficas de la captura de tráfico UDP saliendo de host, al realizar una llamada del software EchoLink al servidor svxlink y al dispositivo móvil IOS y se puede apreciar los paquetes y bits enviados a cada segundo.





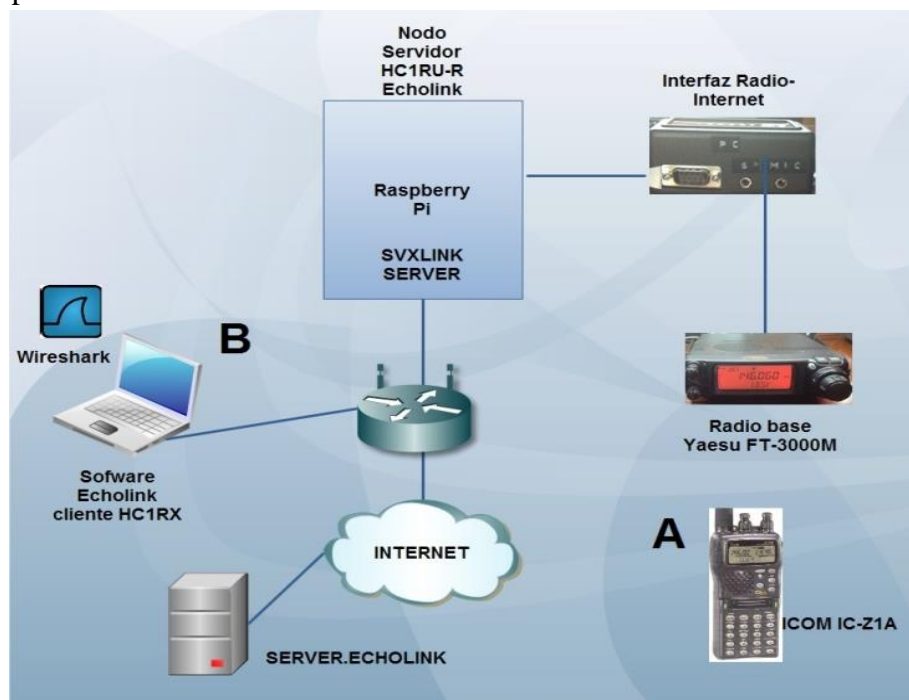
### 5.1.2. Escenario 2: Llamada entre la estación portátil ICOM IC-Z1A con el software EchoLink.

En este escenario de prueba representa la comunicación entre software EchoLink con la estación portátil de radio ICOM IC-Z1A.

Las pruebas están realizadas con el siguiente procedimiento:

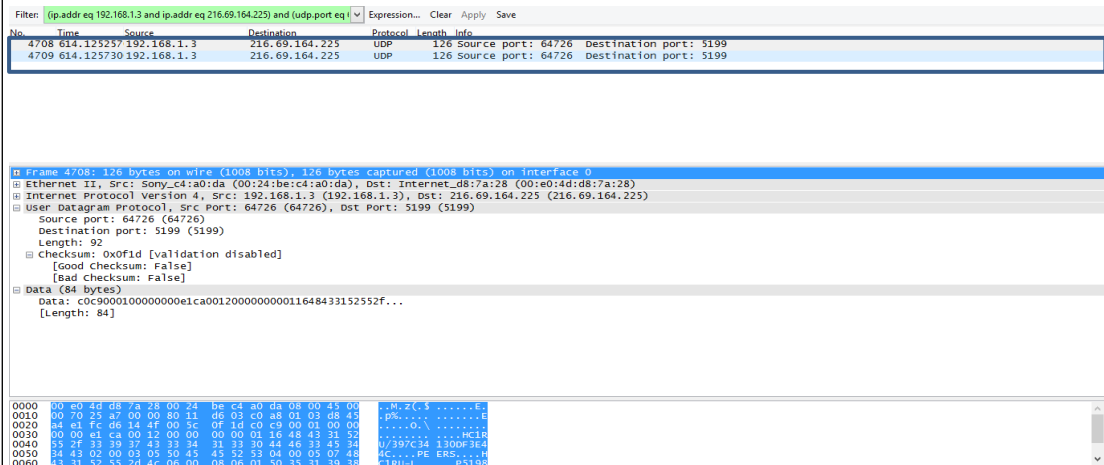
- ✓ Empieza la captura de paquetes mediante Wireshark.
- ✓ Se realiza una transmisión de voz desde la estación de radio portátil ICOM IC-Z1A hacia el software EchoLink cliente (HC1RX), a través del nodo repetidor HC1RU-R.
- ✓ Se finaliza la transmisión.
- ✓ Se detiene la captura de paquetes en Wireshark.

*Figura 58. Escenario 2: Prueba de llamada entre HC1RX con estación portátil*



Al realizar la comunicación entre el software EchoLink en Windows con la estación portátil ICOM IC-Z1A, se capturaron los paquetes UDP.

**Figura 59.** Captura de paquetes UDP



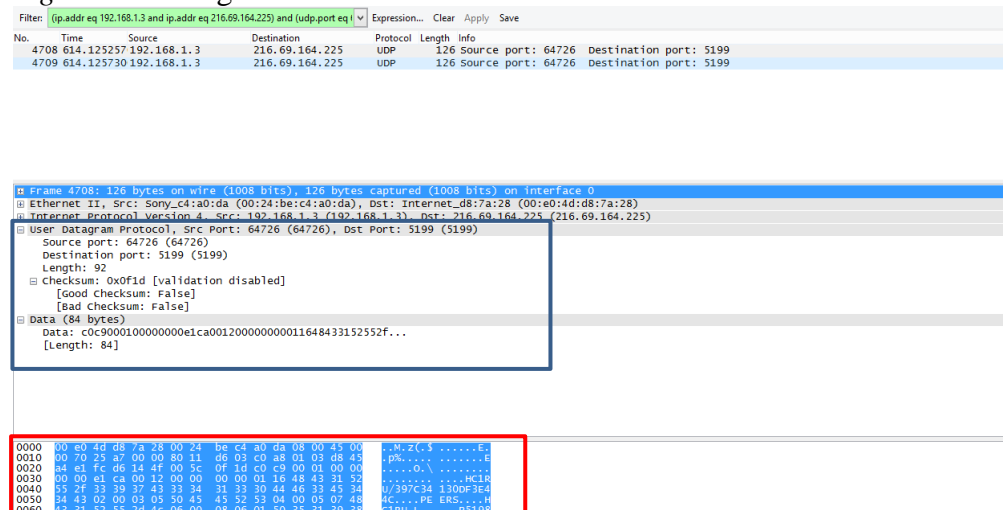
Elaborado por: Orlando Jaramillo

Al seleccionar la captura de paquete, se observa el datagrama UDP, los puertos en los que trabaja el software EchoLink 5198 y 5199.

El puerto origen puede tomar cualquier número, en cambio el puerto destino siempre debe ser UDP 5198 o 5199, en este caso se ha utilizado el número de puerto 5199 como origen y destino.

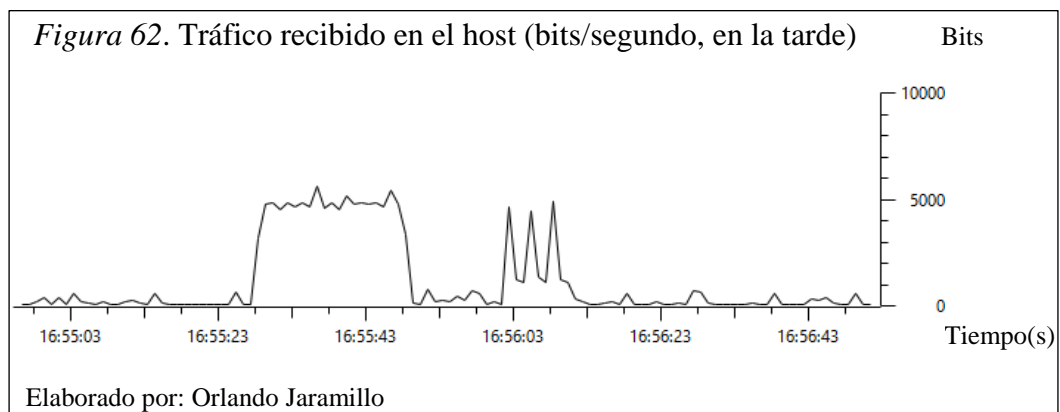
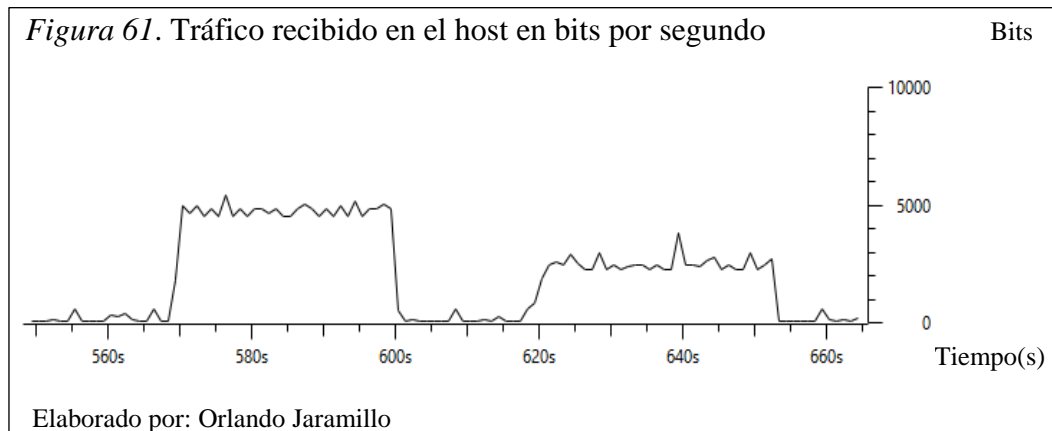
En el recuadro de color azul se observa el datagrama UDP y en el recuadro de color rojo se observa el mensaje en código hexadecimal.

**Figura 60.** Datagrama UDP



Elaborado por: Orlando Jaramillo

En las figuras 61 y 62 se observan las gráficas de la captura del tráfico UDP llegando al host desde la estación de radio ICOM –Z1A, en donde se pueden apreciar los bits enviados en segundos y en horas.



### 5.1.3. Escenario 3: Llamada entre el radio portátil IC-Z1A(A) con el software EchoLink (B) a través de un proxy.

Para realizar esta llamada se utilizó el siguiente escenario: conexión del servidor svxlink server (EchoLink) a un servidor proxy. Se realiza la conexión de un proxy, cuando no se tiene acceso al router, en otras palabras si están inhabilitados los puertos UDP 5998 y 5999 en la tabla NAT del router.

Una desventaja que existe en el uso de este método es la utilización del protocolo TCP.

En la figura 63 se observa el escenario mediante la conexión proxy.

Las pruebas están realizadas con el siguiente procedimiento:

- ✓ Empieza la captura de paquetes mediante Wireshark.

- Figura 63. Escenario 3: prueba de llamada entre HC1RX con estación portátil a través de un proxy*



*Figura 64. Captura de paquetes TCP*

Elaborado por: Orlando Jaramillo

73

**Figura 65. Paquete TCP**

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
6615	722.136240	186.46.140.202	192.168.1.3	TCP	1454	[TCP segment of a reassembled PDU]
6616	722.136241	186.46.140.202	192.168.1.3	HTTP/1.1	218	200 OK
6617	722.136382	192.168.1.3	186.46.140.202	TCP	54	49920 > http [ACK] Seq=214 Ack=1365 win=262144 Len=0
6618	722.136418	192.168.1.3	186.46.140.202	TCP	54	[TCP dup ACK 6617] 49920 > http [ACK] Seq=214 Ack=1365 win=262144 Len=0
6619	722.145024	137.117.213.84	192.168.1.3	TCP	60	http > 49916 [ACK] Seq=1 Ack=192 win=131584 Len=0
6620	722.154623	192.168.1.3	186.46.141.201	TCP	54	49918 > http [ACK] Seq=287 Ack=1350 win=260608 Len=0
6621	722.154742	192.168.1.3	186.46.141.201	TCP	54	[TCP dup ACK 6620] 49918 > http [ACK] Seq=287 Ack=1350 win=260608 Len=0
6622	722.184570	192.168.1.3	157.55.253.50	TCP	54	49911 > http [ACK] Seq=548 Ack=1447 win=262144 Len=0
6623	722.184695	192.168.1.3	157.55.253.50	TCP	54	[TCP dup ACK 6622] 49911 > http [ACK] Seq=548 Ack=1447 win=262144 Len=0
6624	722.244287	157.56.29.215	192.168.1.3	HTTP/1.1	815	200 OK

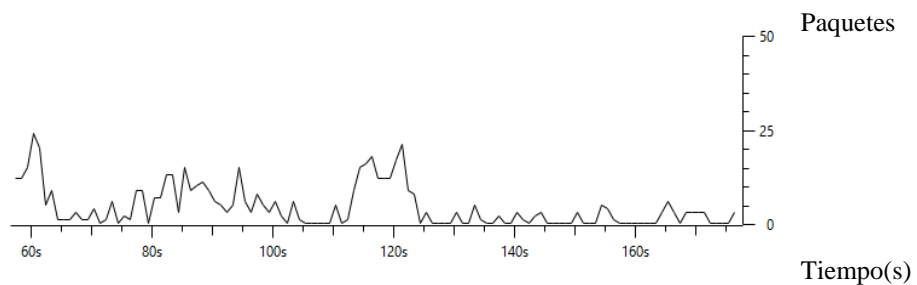
  

<b>Frame 6622: 54 bytes on wire (432 bits), 54 bytes captured (432 bits) on interface 0</b> Ethernet II, Src: Sony-c4a0:da (00:24:be:c4:a0:da), Dst: Internet-d8:7a:28 (00:e0:4d:d8:7a:28) Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.3 (192.168.1.3), Dst: 157.55.253.50 (157.55.253.50) Transmission Control Protocol, Src Port: 49911 (49911), Dst Port: http (80), Seq: 548, Ack: 1447, Len: 0 Source port: 49911 (49911) Destination port: http (80) [Stream index: 30] Sequence number: 548 (relative sequence number) Acknowledgment number: 1447 (relative ack number) Header length: 20 bytes Flags: 0x010 (ACK) Window size value: 1024 [calculated window size: 262144] [window size scaling factor: 256] Checksum: 0x431b [validation disabled] [Seq/Ack analysis] [This is an ACK to the segment in frame: 6606] [The RTT to ACK the segment was: 0.061882000 seconds]	0000 30 60 4d d8 7a 28 00 24 be c4 a0 da 08 00 43 00 .....E.. 0010 20 28 09 61 40 00 80 06 95 59 c0 a8 01 03 9d 3f ..88...>V..... 0020 fd 32 c2 f7 00 30 17 7c 7d 03 ae 43 06 99 50 10 ...P...].C..P.. 0030 04 00 43 1b 00 00 .....C...
---	--

Elaborado por: Orlando Jaramillo

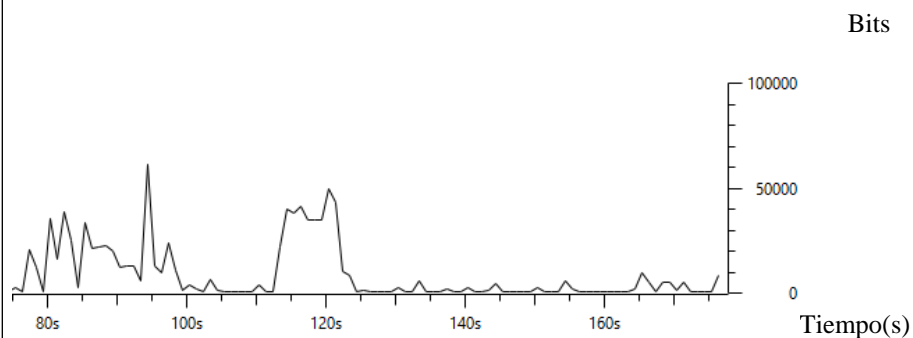
En las figuras 66 y 67 se observan las gráficas de la captura de tráfico utilizando en protocolo TCP, en donde se pueden apreciar los paquetes recibidos y enviados segundos.

**Figura 66. Tráfico recibido por el host en paquetes por segundo**



Elaborado por: Orlando Jaramillo

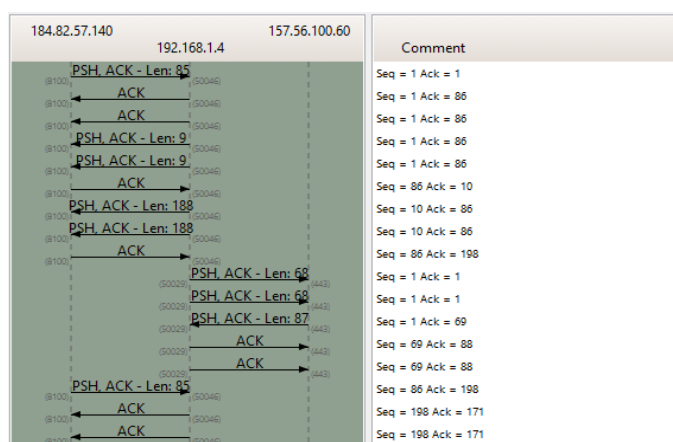
**Figura 67. Tráfico saliente del host en bits por segundo**



Elaborado por: Orlando Jaramillo

Al trabajar bajo el protocolo orientado a la conexión este realiza los acuses de recibo.

Figura 68. Acuses de recibo protocolo TCP



Elaborado por: Orlando Jaramillo

## 5.2. Análisis de los resultados obtenidos

Al realizar las capturas de tráfico en los escenarios 1 y escenario 2 se pudo observar que la comunicación se realiza mediante el protocolo UDP el cual maneja el servidor de EchoLink (servers.echolink.org), proveedor del servicio de VOIP.

El sistema de telecomunicaciones ROIP (Radio Over IP) trabaja con la radiofrecuencia y la tecnología VOIP, para lo cual se ha realizado lo siguiente:

En lo que se refiere a la comunicación radio hacia Internet (EchoLink); e Internet (EchoLink)-Internet (EchoLink) se ha utilizado un script en el awk Linux, en el cual se analizaron los siguientes parámetros de QoS:

- ✓ Jitter.
- ✓ Tiempo entre paquetes.

**Jitter:** Es un factor que afecta al retraso y a la pérdida de paquetes. Solo existe en las redes basadas en paquetes y es la variación del tiempo entre paquetes.

Según la RFC-3246 de VOIP jitter <30 ms.

**Tiempo entre paquetes:** El tiempo que debe existir entre paquetes de voz tiene que ser un valor bajo. Si el valor fuese alto, el oyente percibiría la conversación entre cortada y por lo tanto no sería clara.

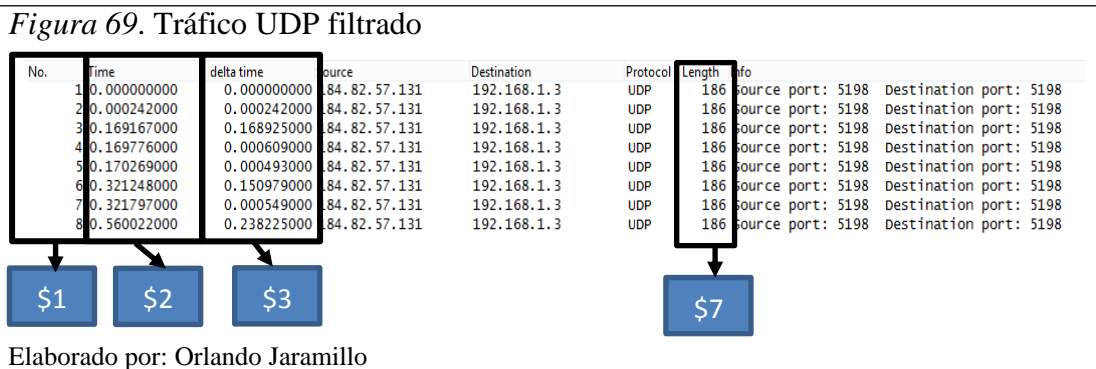
Los paquetes de voz IP según la RFC-3246 deben ser enviados en un tiempo inferior a 20 ms para garantizar la calidad de la voz.



- **Cálculos mediante script Linux**

A las capturas de tráfico realizadas a través del software Wireshark se aplicó un filtrado de la comunicación UDP, al recibir paquetes de voz en el software EchoLink.

En la figura 69 se observa el tráfico UDP capturado y filtrado.



- **Awk**

Para los cálculos de los factores que determinan la calidad de servicio se utilizó un script, para ello se aplicó un filtro de los paquetes UDP capturados con Wireshark. En la figura 69 se puede apreciar el reporte. Las columnas resaltadas corresponden a:

**\$1** corresponde a la columna número 1 de Wireshark la cual representa el número de paquetes.

**\$2** representa la columna número 2 de Wireshark, que indica el tiempo en el que ha sido recibido cada paquete.

**\$3** representa la columna número 3 de Wireshark, indica el tiempo con el que ha sido recibido el paquete con respecto al anterior.

**\$7** representa la columna número 7 de Wireshark, muestra el número de bytes de cada paquete.

El script awk sirve para realizar los cálculos de QoS (calidad de servicio) aplicado al tráfico capturado en Wireshark. Se importa la captura de tráfico UDP de Wireshark a un archivo de texto plano llamado capturasUDP.txt (archivo que contiene captura de tráfico). El script va recorriendo el archivo de texto plano y se incrementa a través de un contador el número de paquetes leídos, se calcula el tiempo que existe entre paquetes, el jitter que han usado los paquetes en su media y varianza y el ancho de banda promedio. Seguidamente se compila el script awk.

Figura 70. Código script utilizado

```
#!/bin/awk -f
#Calculo tiempo entre paquetes
BEGIN { acu = 0 }{
count_packet++
t_packet+=$2-t_paq_anterior
t_packet_cua+=$(2-t_paq_anterior)^2
#Ancho de banda promedio que ocupa cada paquete
total_bits+=$7*8
acu+=$3
BW+=$(7*8)/$3
BW_cua+=$(7*8/$3)^2
t_paq_anterior=$2
}
END{
#media y varianza del tiempo que existe entre paquetes
m_t_packet=t_packet/count_packet
v_t_packet=t_packet_cua/count_packet-(m_t_packet)^2
#media del ancho de banda
m_BW= BW_cua/count_packet
#v_BW=BW_cua/count_packet-(m_BW)^2
#impresion por pantalla{
format="%-10s %-13s %-13s %-8s %-11s \n"
printf format, "NºPaquetes", "tm_entre_paq(seg)", "tv_entre_paq(seg)", "media_BW(bps)">>
"or.txt"
printf format, "-----", "-----", "-----", "-----">> "or.txt"
printf format, count_packet, m_t_packet, v_t_packet, m_BW "\n" >> "or.txt"}
close ("or.txt")
#se recorre el fichero para calcular el jitter en media y varianza
while((getline <"or.txt")>0){
if($1~"[0-9]"){
jitter_m=$2-jitter_m
jitter_v=$3-jitter_v}}
close ("or.txt"){
formato="%-12s %-15s \n"
printf formato, "Jitter_media(seg)", "Jitter_varianza(seg)" >> "or.txt"
printf formato, "-----", "-----">> "or.txt"
printf formato, jitter_m,jitter_v>> "or.tx" } }
```

Fuente: Análisis de la calidad experimentada en aplicaciones de voz sobre IP de libre distribución

Al compilarse el script awk se imprimen los resultados en un archivo llamado or.txt, como muestra la figura 71, el cual contiene los parámetros de la calidad de servicio (QoS).

<i>Figura 71. Resultados de QoS</i>			
NºPaquetes	tm_entre_paq(seg)	tv_entre_paq(seg)	media_BW(bps)
-----	-----	-----	-----
2245	0.0164524	0.000261742	46891.595
Jitter_media(seg)	Jitter_varianza(seg)		
-----	-----		
0.0222384	0.000132828		
Fuente: Compilación script			

El análisis se basa en dos parámetros de QoS: jitter media y tiempo entre paquetes media.

Al obtener los resultados a través del script se puede hacer un análisis con el valor teórico recomendado RFC-3246 (Cisco QoS): jitter media y tiempo entre paquetes media que a continuación se detallan:

- **Jitter media**

Valor recomendado por RFC-3246 jitter <30ms.

**Obtenido:** 22.24 ms el cual es menor al valor máximo recomendado.

El valor obtenido está en un nivel aceptable, si este se incrementa a los 100 ms sería imposible la comunicación.

- **Tiempo entre paquetes media**

Valor recomendado por RFC-3246 inferior a 20 ms.

**Obtenido:** 16.45 ms el cual es menor al valor máximo recomendado.

Con los resultados obtenidos se puede decir que la comunicación es audible y con una buena calidad de servicio que ofrece EchoLink.

### 5.2.1. Mediciones realizadas en la radiofrecuencia.

En la radiofrecuencia se realizaron las siguientes mediciones:

- a) **SWR (Standing Wave Ratio):** Medir las estacionarias es fundamental para el correcto funcionamiento de la estación de radioafición. Se debe tener como una SWR de 1.1 a 2, si se supera el valor de 2 no es aconsejable.

La medición se realizó a través de un dispositivo medidor de ondas estacionarias, en donde se calibró a una SWR de 1.5:1 como valor recomendado.

Figura 72. Instrumento de medición de SWR y vatímetro



Elaborado por: Orlando Jaramillo

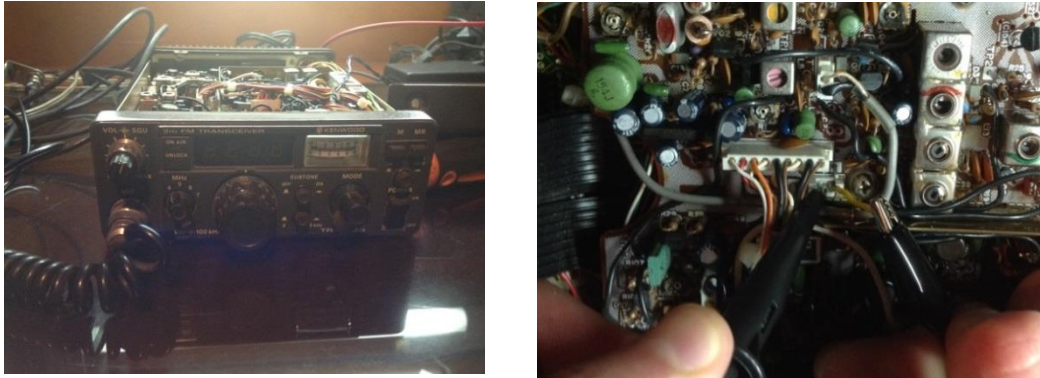
#### b) Medición señal a ruido(S/N o SNR):

Para realizar el proceso de modulación en frecuencia (FM) el transceptor (radio) aplica una señal de radio llamada portadora, y cuando se envía información (voz, música) se envía una señal moduladora, el resultado de estas dos señales es la señal modulada en Frecuencia (FM).

La relación señal/ruido en la radiofrecuencia se calcula a través de la potencia de la señal y la potencia del ruido.

Para realizar la medición de la relación señal a ruido en el sistema de telecomunicaciones ROIP (Radio Over IP) se utilizó un osciloscopio y un radio receptor como ilustra la figura 73, luego se procedió a medir en la etapa de amplificación del radio, para ello se realizó una llamada desde el software EchoLink cliente a la parte de radiofrecuencia (RF).

*Figura 73. Medición radio receptor en etapa de amplificación*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

La medición arrojó los siguientes resultados:

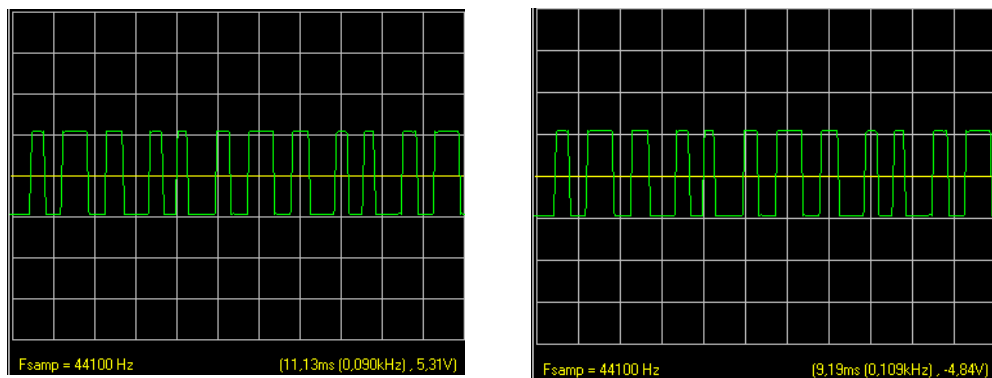
- a) En la figura 74 se observa la señal en frecuencia modulada, en la banda de dos metros con frecuencia de  $146.060\text{MHz}+600\text{KHz}$ , la señal es medida en los niveles de voltajes máximo y mínimo, siendo  $V_{\text{max}}=5.31\text{V}$  y  $V_{\text{min}}=-4.84\text{V}$  y como Voltaje Pico a Pico ( $V_{\text{pp}}$ ):

$$V_{\text{pp}}= V_{\text{max}}+V_{\text{min}}$$

Por lo tanto el voltaje pico a pico de la señal es igual a:

$$V_{\text{señal(pp)}}=5.31\text{V}+4.84\text{V}=10.15\text{V}$$

*Figura 74. Medición señal FM en osciloscopio*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

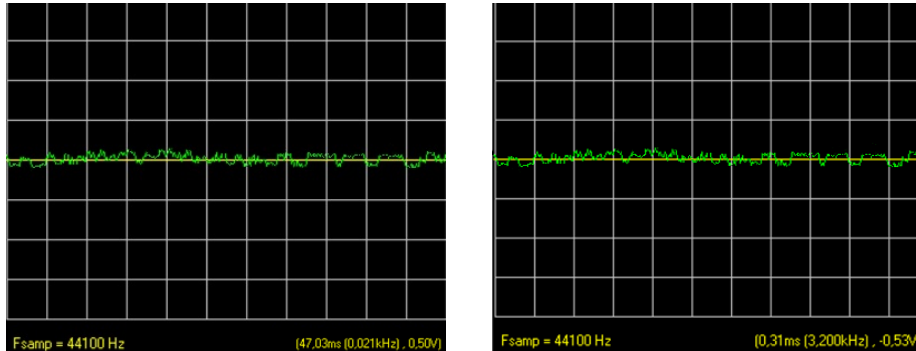
- b) En la figura 75 se observa el ruido, esta es medida en niveles de voltajes máximo y mínimo, siendo  $V_{\text{max}}=0.50\text{V}$  y  $V_{\text{min}}=-0.53\text{V}$  y como Voltaje Pico a Pico ( $V_{\text{pp}}$ ):

$$V_{\text{pp}}= V_{\text{max}}+V_{\text{min}}$$

Por lo tanto el voltaje pico a pico del ruido es igual a:

$$V_{\text{noise(pp)}} = 0.50\text{V} + 0.53\text{V} = 1.03\text{V}$$

*Figura 75. Medición voltaje ruido en osciloscopio*



Elaborado por: Orlando Jaramillo

Para realizar el cálculo de la relación señal a ruido se utilizó el voltaje de señal y el voltaje del ruido, como el voltaje pico a pico de señal es igual a 10.15V y el voltaje pico a pico del ruido es igual a 1.03 V, la relación señal ruido es 20 dB, es decir la señal es 10 veces mayor que el ruido, por lo tanto la comunicación es clara y audible. Para realizar el cálculo de la relación señal a ruido se utilizó la fórmula con voltajes, donde las resistencias de entrada y salida del amplificador son iguales:

$$\frac{S}{N} [\text{dB}] = 20 \log_{10} \frac{V_s}{V_n} \quad [4]$$

En donde:

S/N o SNR= relación señal a ruido.

$V_s$ =Voltaje de la señal.

$V_n$ =Voltaje del ruido.

En la figura 76 se observa el código en Matlab aplicando la fórmula [4].

*Figura 76. Cálculo relación señal a ruido Matlab*

```
clc;
clear all;
close all;
SNR;
SNR=20*log10(10.15/1.03);
```

Elaborado por: Orlando Jaramillo

**Resultado:**

$$\text{SNR} = 19.8726 \text{ dB} \approx 20 \text{ dB}$$

### **5.2.2. Criterios de radioaficionados.**

Los criterios manifestados por personas con experiencia en la radioafición establecen que esta actividad no solo permite ampliar el círculo de amigos, además que es una herramienta oportuna de radio ayuda civil:

- ✓ Escuchar previamente las conversaciones de los radioaficionados para aprender, como y cuando se debe transmitir y la manera correcta de expresarse en la radio, utilizando distintivos de llamadas, códigos, etc.
- ✓ Demostrar caballerosidad en la conversación; nunca usar términos ofensivos, ser educado, cortés y gentil en cualquier circunstancia.
- ✓ Expresar nuevas ideas las cuales enriquezcan la conversación y sirvan para afianzar lazos de amistad y camaradería entre todos los radioaficionados.
- ✓ Brindar ayuda a personas incomunicadas, facilitando la información posible a nivel operativo y la coordinación entre radioaficionados, sobre el estado de emergencia y las peticiones de ayuda requeridas de una manera rápida y eficaz.

### **5.2.3. Validación de los criterios de radioaficionados.**

Una vez manifestados los criterios de los radioaficionados con experiencia en la radioafición, se validan basándose en el artículo I de los Estatutos de la International Amateur Radio Union (IARU) los cuales se detallan a continuación:

1. La radioafición es un medio de enseñanza técnica para la juventud.
2. Realiza investigaciones técnicas y científicas en el campo de las radiocomunicaciones.
3. Proporciona auxilios en los casos de desastres naturales.
4. Contribuye a las buenas relaciones y a la amistad internacional.
5. La radioafición constituye un valioso recurso nacional, especialmente en los países en vías de desarrollo. (Guide, 1995, pág. 14).

“Paul M. Segal, W9EEA, escribió el Amateur's Code original en 1928. La versión moderna se adoptó por la IARU, Región 2 (Las Américas) en la reunión de Orlando, Florida (USA), en septiembre de 1989” (EA8BRW, 2003). El código del radioaficionado en el apartado de los amigos dice lo siguiente:

“Amigo de todos: Opera despacio y con paciencia cuando es necesario; aconseja y apoya al principiante y siempre presta su asistencia, cooperación y consideración a los intereses de los demás. Este es el estilo del verdadero radioaficionado.” (EA8BRW, 2003)

Los criterios apropiados en relación al artículo I y al código de radioaficionado para ampliar su círculo de amigos son los siguientes:

- ✓ Brindar ayuda a personas incomunicadas, facilitando la información posible a nivel operativo y la coordinación entre radioaficionados, sobre el estado de emergencia y las peticiones de ayuda requeridas de una manera rápida y eficaz.

Este criterio es apropiado relacionándolo con el artículo I numeral 3 “Proporciona auxilios en los casos de desastres naturales”.

- ✓ Expresar nuevas ideas las cuales permitan enriquecer la conversación y que sirvan para afianzar lazos de amistad y camaradería entre todos los radioaficionados.

Este criterio es apropiado relacionándolo con el artículo I numeral 4 “Contribuye a las buenas relaciones y a la amistad internacional”

- ✓ Escuchar previamente las conversaciones de los radioaficionados para aprender, como y cuando se debe transmitir y la manera correcta de expresarse en la radio, utilizando distintivos de llamadas, códigos, etc.

Este criterio es apropiado relacionándolo con el código del radioaficionado apartado de amigos. “Opera despacio y con paciencia cuando es necesario; aconseja y apoya al principiante y siempre presta su asistencia”

Por consiguiente los criterios apropiados manifestados por los radioaficionados con experiencia en la radioafición basados en el artículo I de la UIT y en el código del radioaficionado son los siguientes:

- ✓ Escuchar previamente las conversaciones de los radioaficionados para aprender, como y cuando se debe transmitir y la manera correcta de expresarse en la radio, utilizando distintivos de llamadas, códigos, etc.



- ✓ Expresar nuevas ideas las cuales permitan enriquecer la conversación y que sirvan para afianzar lazos de amistad y camaradería entre todos los radioaficionados.
- ✓ Brindar ayuda a personas incomunicadas, facilitando la información posible a nivel operativo y la coordinación entre radioaficionados, sobre el estado de emergencia y las peticiones de ayuda requeridas de una manera rápida y eficaz.

### 5.3. Encuesta

La encuesta está dirigida a los radioaficionados del radio club, a fin de determinar las mejoras que demanda el servicio actual en la banda de dos metros VHF, frente al sistema de telecomunicaciones de radio con la integración de Internet.

Por favor marque su respuesta con una “X”

1.- ¿Está conforme usted con el servicio actual de radioaficionados en banda de dos metros frecuencia 146.060MHz?

Sí ☐

No ☐

¿Por qué? .....

2.- ¿Considera usted que el servicio actual en banda de dos metros frecuencia 146.060MHz de radioaficionados permite establecer una comunicación sin interferencias o ruidos?

Sí ☐

No ☐

¿Por qué? .....

3.- ¿El sistema de telecomunicaciones en frecuencia VHF 146.060MHz +600KHz actual es el indicado para realizar la comunicación entre los radioaficionados del radio club?

Sí ☐

No ☐

¿Por qué? .....

4.- ¿Considera usted que el servicio actual de radioaficionados requiere de la adquisición de equipos VHF modernos que demanda un costo elevado, de inversión tal como radios y antenas?

Sí ☐

No ☐

¿Por qué? .....

5.- Una mejora del servicio actual de radioaficionados en frecuencia repetidor/ra 146.060MHz+600KHz, es su uso a través del Internet. ¿Utilizaría usted esta nueva tecnología?

Sí ☐

No ☐

¿Por qué?.....

#### • Tabulación de las encuestas

#### Pregunta 1

**Explicación.-** El 80% de los encuestados afirma que están conformes con el servicio actual de radioaficionados en frecuencia 146.060MHz, el 20% dice que no.

Tabla 3. *Respuestas pregunta 1*

Respuestas	Personas	Porcentaje
Sí	12	80%
No	3	20%
<b>Total</b>	15	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Orlando Jaramillo

#### Prueba de Hipótesis

Ho: no existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

H1: si existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

nivel de significancia de 0.05

grados de libertad=k-1

grados de libertad=2-1

grados de libertad=1

$\chi^2=3.841$

Tabla 4. Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 1

Respuestas	fo	fe	(fo – fe) <sup>2</sup>	$\frac{(fo - fe)^2}{fe}$
Sí	12	7.5	20.25	2.7
No	3	7.5	20.25	2.7
<b>Total</b>	15	15		5.4

$$x^2=5.4$$

Elaborado por: Orlando Jaramillo

Como el valor calculado es mayor que el valor determinado, entonces se rechaza la hipótesis nula en consecuencia si existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

## Pregunta 2

**Explicación.-** El 73% de los encuestados considera que el servicio actual en frecuencia 146.060MHz de radioaficionados permite establecer una comunicación sin interferencias o ruidos, el 27% dice existe ruidos e interferencias.

Tabla 5. Respuestas pregunta 2

Respuestas	Personas	Porcentaje
Sí	11	73%
No	4	27%
<b>Total</b>	15	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Orlando Jaramillo

## Prueba de Hipótesis

Ho: no existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

H1: si existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

nivel de significancia de 0.05

grados de libertad=k-1

grados de libertad=2-1

grados de libertad=1

$$x^2=3.841$$

Tabla 6. *Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 2*

Respuestas	fo	fe	(fo-fe) <sup>2</sup>	$\frac{(fo-fe)^2}{fe}$
Sí	11	7.5	12.25	1.63333333
No	4	7.5	12.25	1.63333333
<b>Total</b>	15			3.26666667

$$\chi^2=3.2667$$

Elaborado por: Orlando Jaramillo

Como el valor calculado es menor que el valor determinado, entonces se acepta la hipótesis nula en consecuencia no existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

### Pregunta 3

**Explicación.-** El 87% de los encuestados afirma que en sistema repetidor frecuencia 146.060MHz+600KHz actual es el indicado para realizar la comunicación entre los radioaficionados del radio club, el 13 % dice que no.

Tabla 7. *Respuestas pregunta 3*

Respuestas	Personas	Porcentaje
Sí	13	87%
No	2	13%
<b>Total</b>	15	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Orlando Jaramillo

### Prueba de Hipótesis

Ho: no existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

H1: si existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

nivel de significancia de 0.05

grados de libertad=k-1

grados de libertad=2-1

grados de libertad=1

$$\chi^2=3.841$$

Tabla 8. *Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 3*

Respuestas	fo	fe	(fo-fe) <sup>2</sup>	$\frac{(fo-fe)^2}{fe}$
Sí	13	7.5	30.25	4.03333333
No	2	7.5	30.25	4.03333333
<b>Total</b>	15			8.06666667

$$\chi^2=8.0667$$

Elaborado por: Orlando Jaramillo

Como el valor calculado es mayor que el valor determinado, entonces se rechaza la hipótesis nula en consecuencia si existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

#### Pregunta 4

**Explicación.-** El 60% de los encuestados considera que el servicio actual de radioaficionados demanda de la adquisición de equipos VHF de un costo elevado, el 40% dice que no.

Tabla 9. *Respuestas pregunta 4*

Respuestas	Personas	Porcentaje
Sí	9	60%
No	6	40%
<b>Total</b>	15	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Orlando Jaramillo

#### Prueba de Hipótesis

Ho: no existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

H1: si existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

nivel de significancia de 0.05

grados de libertad=k-1

grados de libertad=2-1

grados de libertad=1

$$\chi^2=3.841$$

Tabla 10. *Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 4*

Respuestas	fo	fe	(fo-fe) <sup>2</sup>	$\frac{(fo-fe)^2}{fe}$
Sí	9	7.5	2.25	0.3
No	6	7.5	2.25	0.3
<b>Total</b>	15			0.6

$$\chi^2=0.6$$

Elaborado por: Orlando Jaramillo

Como el valor calculado es menor que el valor determinado, entonces se acepta la hipótesis nula en consecuencia no existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

### Pregunta 5

**Explicación.-** El 93% de los encuestados afirma que el sistema actual de radioaficionados en frecuencia requiere una mejora con la integración del Internet, el 7% dice que no.

Tabla 11. *Respuestas pregunta 5*

Respuestas	Personas	Porcentaje
Sí	14	93%
No	1	7%
<b>Total</b>	15	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Orlando Jaramillo

### Prueba de Hipótesis

Ho: no existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

H1: si existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

nivel de significancia de 0.05

grados de libertad=k-1

grados de libertad=2-1

grados de libertad=1

$$\chi^2=3.841$$

Tabla 12. *Frecuencias observadas y esperadas para la pregunta 5*

Respuestas	fo	fe	(fo-fe) <sup>2</sup>	$\frac{(fo-fe)^2}{fe}$
Sí	14	7.5	42.25	3.01785714
No	1	7.5	42.25	42.25
<b>Total</b>	15			45.2678571

$$\chi^2 = 45.3$$

Elaborado por: Orlando Jaramillo

Como el valor calculado es mayor que el valor determinado, entonces se rechaza la hipótesis nula en consecuencia si existe diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas y esperadas.

#### • Conclusiones de las tabulaciones de encuestas

Realizadas las encuestas se llega a la conclusión que el trabajo de grado sistema de telecomunicaciones ROIP (Radio Over IP) con la fusión de las tecnologías analógicas y digitales para mejorar la comunicación de los radioaficionados es factible, debido a que no existe un sistema de radio Internet a la frecuencia 146.060MHz+600KHz parecido que cubra con los requerimientos en cobertura o alcance en la comunicación para los radioaficionados del Ecuador.

De los encuestados la mayoría de ellos consideran que el servicio actual de radioaficionados es el indicado para realizar la comunicación en frecuencia repetidor 146.060MHz+600KHz, por lo tanto con la fusión de las tecnologías digitales como es Internet, sintonizado a esta frecuencia repetidor/ra permite mejorar la comunicación en niveles de cobertura o alcance.

En cuanto a la demanda de costos de los equipos, el 60% dicen que una estación de radio en banda de dos metros requiere de equipos VHF de costo elevado que no se encuentran en Ecuador, por lo que se deben importar de otros países.

La mayoría de los encuestados dicen que el servicio actual de radioaficionados en frecuencia repetidor/ra 146.060MHz+600KHz necesita de la ayuda del Internet como solución de cobertura global.

La mayoría de los encuestados están dispuestos a utilizar la tecnología actual como es Internet a través de la frecuencia de repetidor 146.060MHz+600KHz, cuando no dispongan de un equipo de handy o un transceptor.

## CONCLUSIONES

Una vez concluida la fase teórica y práctica del trabajo se llegaron a las siguientes conclusiones:

Durante el desarrollo del sistema de telecomunicaciones ROIP se logró fusionar las tecnologías analógicas y digitales a través del diseño y construcción de una interface hardware, que permite la comunicación entre radioaficionados por medio de Internet. Para ello se hizo uso del servidor svxlink server (EchoLink) el cual gestiona y administra el nodo HC1RU-R y que representa la conexión a una repetidora analógica de un determinado grupo de radioaficionados.

De las pruebas se determinó que el jitter media y el tiempo entre paquetes media cumplen con los valores establecidos en la recomendación RFC-3246, verificando la calidad de servicio que brinda EchoLink.

En las pruebas realizadas de señal a ruido sobre la comunicación en el sistema de radio sobre Internet, se determinó que durante la transmisión de la señal de voz desde EchoLink a la radiofrecuencia existe una relación señal/ruido de 20 dB aprox, es decir la señal es 10 veces mayor que el ruido, siendo suficiente para este tipo de comunicación.

EchoLink es una alternativa para realizar llamadas a la radiofrecuencia desde Internet, por sus servicios de autenticación de usuarios, flexibilidad en los dispositivos móviles (smartphone, handy) y multiplataforma (Windows, Linux, Mac, etc).

Finalmente el funcionamiento del sistema ROIP fue satisfactorio cumpliéndose con los objetivos planteados.



## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda adaptar al sistema EchoLink el servicio de datos (packet radio), de manera que se pueda omitir el uso de interfaces especializadas y que el programa permita el envío de mensajes de texto desde EchoLink a la radiofrecuencia.

Se recomienda utilizar el programa de radioaficionados IRLP como alternativa a EchoLink, debido a que este funciona de forma similar a EchoLink pero con un número reducido de usuarios, este requiere del uso de un equipo de radio (transceptor) para hacer funcionar a IRLP en modo usuario y no directamente a través de la PC como EchoLink.

Se recomienda aplicar esta tecnología para dar servicio de emergencias de forma oportuna.

Se sugiere utilizar EchoLink como herramienta de comunicación rápida y efectiva cuando no se disponga de un radio o en caso de emergencias.

Se recomienda aprovechar las ventajas que ofrece la radio sobre Internet como medio de comunicación para establecer una conversación agradable entre colegas radioaficionados.

Se recomienda ofrecer esta nueva tecnología a otros colegas radioaficionados como herramienta de ayuda cuando alguien lo requiera.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Acevedo, P. (29 de marzo de 2001). *Radio - Aficionados*. Recuperado el 24 de septiembre de 2013, de <http://www.oocities.org/espanol/radioaficionadoshk/>
- Blomberg, T. (s.f.). *svxlink*. Recuperado el 5 de octubre de 2013, de <http://sourceforge.net/apps/trac/svxlink/>
- Castro, L. (2014). *¿Qué es VoIP y la telefonía IP?* Recuperado el 15 de noviembre de 2013, de <http://aprenderinternet.about.com/od/Glosario/a/Que-Es-Voip.htm>
- Castro, R., & Fusario, R. (1999). *Teleinformática para Ingenieros en Sistemas de Información*. Barcelona, ESPAÑA: REVERTÉ, S.A.
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. (s.f.). Recuperado el 06 de octubre de 2013, de Introducción a Linux: <http://www.cs.cinvestav.mx/~EVOCINV/tutorials/linux.htm>
- Corporation, N. I. (06 de junio de 2006). *Comunicación Serial: Conceptos Generales*. Recuperado el 28 de septiembre de 2013, de <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>
- EA8BRW. (2003). *Estación del radioaficionado*. Recuperado el 24 de enero de 2013, de <http://www.ea8brw.es/index.php>
- El Sistema Operativo GNU/Linux. (s.f.). Recuperado el 24 de febrero de 2014, de [http://ergodic.ugr.es/cphys/LECCIONES/linux/00.introduccion\\_a\\_linux.pdf](http://ergodic.ugr.es/cphys/LECCIONES/linux/00.introduccion_a_linux.pdf)
- Elastixtech. (s.f.). *VoIP – Telefonía IP*. Recuperado el 28 de febrero de 2014, de <http://elastixtech.com/fundamentos-de-telefonía/voip-telefonía-ip/>
- Ford, S. (3 de febrero de 2003). *VOIP*. Recuperado el 26 de noviembre de 2013, de <http://www.qsl.net/lpr/voip.htm>
- Ford, S. (febrero de 2003). *VoIP y la Radioafición*. Recuperado el 09 de octubre de 2013, de <http://www.actiweb.es/lu1dy/archivo2.pdf>
- Foundation, R. P. (2011). *Raspberry Pi*. Recuperado el 27 de febrero de 2014, de <http://www.raspberrypi.es/>

Gil, P., & Pomares, J. (2010). *Redes y transmisión de datos*. Alicante: Publicaciones Universidad de Alicante.

Guide, I. A. (1995). *International Amateur Radio Study Guide*. Barcelona.

HC, R. Z. (s.f.). *RADIOAFICION ECUADOR*. Recuperado el 26 de febrero de 2014, de <http://radioaficionecuador.blogspot.com/p/repetidores-y-sistemas-en-vhf.html>

Hernampérez, R. (10 de febrero de 2013). *Raspberry Pi: Cómo crear una SD de arranque con Raspbian*. Recuperado el 22 de octubre de 2013, de <http://commandcat.blogspot.com/2013/02/raspberry-pi-como-crear-una-sd-de.html>

ICOM. (1994). *IC-ZIA*. Osaka: Japan.

ICOM. (2013). *Equipos para organismos de emergencia*. Recuperado el 07 de octubre de 2013, de R.O.I.P: <http://www.equipos.cl/icom/emergencia/roip.html>

Jonathan Taylor, T. B. (12 de mayo de 2013). *EchoLink Proxy Protocol Documentation*. Recuperado el 15 de enero de 2014, de [http://svxlink.sourceforge.net/doc/echolink\\_proxy\\_protocol.html](http://svxlink.sourceforge.net/doc/echolink_proxy_protocol.html)

Kustra, R. (octubre de 2008). *Comisión Interamericana de Telecomunicaciones*. Recuperado el 26 de febrero de 2014, de [http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2008/octubre/espectro\\_e.asp](http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2008/octubre/espectro_e.asp)

Linuxito. (02 de octubre de 2013). *CÓMO INSTALAR RASPBIAN EN RASPBERRY PI*. Recuperado el 22 de octubre de 2013, de <http://www.linuxito.com.ar/gnu-linux/nivel-medio/241-como-instalar-raspbian-en-raspberry-pi>

LW8DIE. (2000). *Información sobre la banda de radioaficionados de dos metros 144 a 148 Mhz*. Recuperado el 25 de febrero de 2014, de <http://www.lw8die.santoslugares.com/comienzos.htm>

Mompin, J. (2000). *Manual del radioaficionado moderno*. Barcelona, España : Marcombo Boixareu.

Oswaldo, E. (2010). *Educación y ciencia*. Recuperado el 08 de octubre de 2013, de [http://www.ehowenespanol.com/radioaficionado-2-metros-vs-10-metros-hechos\\_383633/](http://www.ehowenespanol.com/radioaficionado-2-metros-vs-10-metros-hechos_383633/)

Patrullas del Futuro. (2014). *Patrullas Del Futuro*. Recuperado el 25 de febrero de 2014, de Radio Sobre IP: <http://www.patrullasdelfuturo.com/roip.html>

Pinilla, G. (octubre de 2011). *Conceptos básicos de la Radioafición*. Recuperado el 27 de febrero de 2014, de <http://www.areunam.unam.mx/papime/practica01.pdf>

Raytheon Company. (2013). *RoIP Versus VoIP Solutions* . Recuperado el 28 de noviembre de 2013, de [http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/ncs/documents/content/rtn\\_ncs\\_products\\_nxu2a9\\_pdf.pdf](http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/ncs/documents/content/rtn_ncs_products_nxu2a9_pdf.pdf)

Soler, A. M. (septiembre de 2008). *Análisis de la calidad experimentada en aplicaciones de voz sobre IP de libre distribución*. Recuperado el 16 de diciembre de 2013, de <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/719/1/pfc2756.pdf>

Taylor(K1RFD), J. (2012). *Echolink*. Recuperado el 26 de Octubre de 2013, de <http://www.echolink.org/>

Taylor, J., & Blomberg, T. (12 de mayo de 2013). *EchoLink Proxy Protocol Documentation*. Recuperado el 15 de enero de 2014, de [http://svxlink.sourceforge.net/doc/echolink\\_proxy\\_protocol.html](http://svxlink.sourceforge.net/doc/echolink_proxy_protocol.html)

The American Radio Relay League, I. (1995). *International Amateur Radio Study Guide*. Barcelona: MARCOMBO, S.A 1995.

Ti2AMX. (2012). *Cables Coaxiales*. Recuperado el 20 de septiembre de 2013, de <http://ti2amx.es.tl/Cables-Coaxiales.htm>

Tomasi, W. (2003). *Sistema de comunicaciones electrónicas*. Pearson.

Tony, L. (s.f.). *LU7DTS*. Recuperado el 12 de diciembre de 2013, de <http://www.qsl.net/lu7dts/interfase.html>

Vega, C. (2007). *Modulación de Pulsos*. Recuperado el 24 de febrero de 2014, de [http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH7ST\\_Web.pdf](http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH7ST_Web.pdf)

VoipForo. (s.f.). *VoipForo*. Recuperado el 15 de febrero de 2014, de [http://www.voipforo.com/QoS/QoS\\_Jitter.php](http://www.voipforo.com/QoS/QoS_Jitter.php)

xataka. (s.f.). *xataka apasionados por la tecnología*. Recuperado el 29 de marzo de 2014, de <http://www.xataka.com/gadgets/altavoces/raspberry-pi>

XE1GXJ, M. (1996). *Espectro Radioelectrico de Radioaficionados*. Recuperado el 05 de enero de 2014, de [http://archive.org/stream/espectro\\_radioelectrico\\_de\\_radioaficionados\\_xe1gxj/26\\_XE1GXJ\\_Miguel\\_Sepulveda\\_Espectro\\_Radioelectrico\\_de\\_Radioaficionados\\_djvu.txt](http://archive.org/stream/espectro_radioelectrico_de_radioaficionados_xe1gxj/26_XE1GXJ_Miguel_Sepulveda_Espectro_Radioelectrico_de_Radioaficionados_djvu.txt)

XE1GZU. (27 de julio de 2005). *Fundamentos de Comunicaciones para Radiaficionados*. Recuperado el 01 de octubre de 2013, de <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/tesis/xe1gzu/>

Yaesu. (1994). *Amateur Radio*. Tokyo.

YAESU. (1994). *Amateur Radio*. Tokio.

YAESU. (1994). *FT-51R*. Tokyo.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**AM:** (Amplitud Modulada) Es un tipo de emisión en el que la amplitud de la onda portadora varía con la misma amplitud que la voz humana.

**Ángulo de radiación:** El ángulo de radiación de una antena es el que forma el eje de su lóbulo de radiación principal con el horizonte. Este ángulo se mide en el plano vertical y viene determinado por el diagrama de radiación de la antena.

**Antena Omnidireccional:** Se utilizan principalmente para emitir la señal en todas las direcciones. En realidad la señal que emite en forma de óvalo, y sólo emite en plano (no hacia arriba ni hacia abajo).

**Antena Omnidireccional ángulo bajo:** Una antena omnidireccional es capaz de producir ángulos de despegue bastantes bajos sin necesidad de colocarse a una gran altura.

**APRS:** Automatic Packet/Position Reporting System (Sistema Automático de Información de Posición) La frecuencia en la que trabaja APRS es 144.800 MHz en la Región 2 (Continente Americano).

**COR:** Carrier Operated Relay (Relé portador operado) Esta función permite a un dispositivo conectado a una radio, tener conocimiento que la señal proviene del radio.

**CTCSS:** Continuous Tone - Coded Squelch System (Sistema Silenciador Codificado por Tono Continuo). Utiliza tonos de audio de frecuencias comprendidas entre 67 y 250 Hz denominados también subtonos. Un receptor que tenga habilitado el sistema CTCSS permanecerá en silencio hasta que reciba una transmisión que incluya el tono apropiado.

**DCS:** Digital Coded Squelch (Sistemas Silenciadores Codificados Digitales) Envía señales en una ráfaga de tonos de datos al igual que CTCSS.

**DTMF:** Dual-Tone Multi-Frequency (Sistema Multifrecuencial de Tono Dual) Función múltiple por tono doble. Los radioaficionados utilizan para el control remoto.

**FM:** (Frecuencia Modulada) La modulación de la señal se hace con la frecuencia, sin cambiar su amplitud.

**Fonía:** (Proviene de radiotelefonía) comunicado hablado con voz humana.

**IARU Región 2:** International Amateur Radio Union o Unión Internacional de Radioaficionados, para el Continente Americano.

**Jitter:** Se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

**LSB:** Lower Side Band (Banda Lateral Inferior) cuando es suprimida la portadora y la banda lateral superior.

**Modo analógico:** permite conectarse a través de un enlace de repetidor en EchoLink.

**Modo Digital:** permite conectarse a otras estaciones de EchoLink.

**PCM:** Pulse Code Modulation (Modulación por Código de Pulso) Es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits (señal digital).

**PTT:** Pulsh To Talk (pulsar para hablar).

**PVI:** Protocolo de Voz por Internet conocido por sus siglas en inglés como VOIP (Voice Over Internet Protocol).

**QoS:** Es la capacidad que ofrece una red para dar un buen servicio. Es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de vídeo o voz.

**QRG:** Frecuencia de trabajo.

**QTH:** Lugar de la estación de radio.

**RF:** Radiofrecuencia.

**ROIP:** Radio sobre Internet.

**RS-232 (Estándar ANSI/EIA-232):** El conector serial utilizado en las PCs IBM sirve para una gran variedad de propósitos, como conectar un ratón, impresora o modem, así como instrumentación industrial.

**RTS (Request To Send, petición de envío, salida, pin 7):** La señal transmitida del DTE (Data terminal Equipment) al DCE (Data Communication Equipment), notifica la disposición de datos para enviar. Se emplea en líneas semiduplex para controlar la dirección de transmisión.

**RX:** Receptor o recepción.

**SNR:** Signal Noise Ratio (Relación Señal Ruido) Se define como la proporción existente entre la potencia de la señal y la potencia del ruido.

**Squelch:** Función para evitar ruidos.

**SWR (Standing Wave Ratio):** Es relación de las ondas estacionarias (ROE) que se producen en una línea de transmisión, es decir el voltaje que se queda estacionado en el cable coaxial, al no estar bien calibrada la antena puede ocasionar que el radio se queme.

**TCP:** Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión). Es un protocolo orientado a conexión.

**TRX:** Transceiver (equipo transmisor –receptor).

**TX:** Transmisor o transmisión.

**UDP:** User Datagram Protocol (Protocolo de Datagrama de Usuario) Es un protocolo no orientado a conexión.

**UHF:** Ultra High Frequency (Ultra Alta Frecuencia).

**USB:** Uper Side Band (Banda Lateral Superior) cuando es suprimida la portadora y la banda lateral inferior.

**VHF:** Very High Frequency (Muy Alta Frecuencia).

**VOX:** Voice Operated Xmit (Detección de portadora de voz), Es un interruptor accionado por la voz, se activa cuando se detecta el audio durante un cierto umbral.

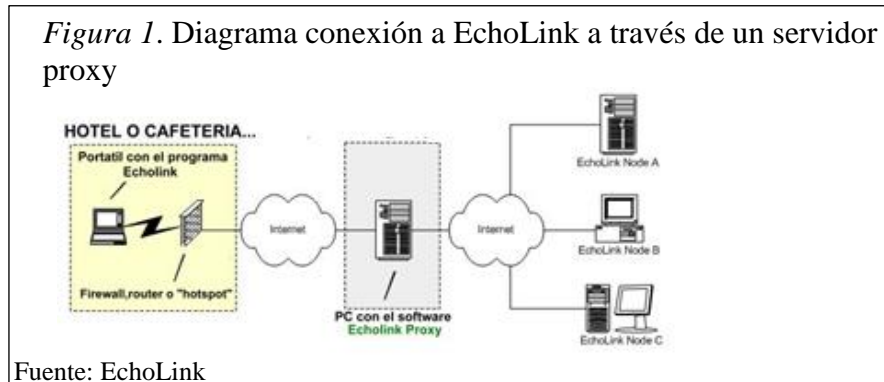


## ANEXOS

### Anexo 1. Proxy server EchoLink

En la figura 1 se observa el funcionamiento de EchoLink al utilizar un servidor proxy. El usuario (radioaficionado) cuando se encuentre en un lugar donde no se tenga acceso a Internet o este tenga restricciones se hace uso de un proxy, en el cual ya están configurados los puertos UDP y TCP.

EchoLink está basado en un sistema punto a punto, por su diseño esto hace que la conexión sea directamente a un servidor proxy. En la página web de EchoLink existe una lista de los servidores proxy activos. EchoLink ocupa un ancho de banda de 17Kbps por cada usuario (radioaficionado).



#### Tráfico TCP

Cuando el cliente desea establecer una conexión TCP, se construye y se envía un mensaje TCP\_Open, que contiene la dirección IP del servidor remoto. Cuando se haya establecido o se rechaza la conexión, el servidor proxy responderá con un mensaje TCP\_STATUS. Los cuatro bytes de datos se establecen en cero si la conexión se realizó correctamente. Cuando cualquiera de los bytes de datos no son cero indican un fallo de conexión.

#### Tráfico UDP

El proxy escucha en los puertos UDP 5198 y 5199. Siempre que se recibe un paquete de datos UDP en cualquiera de los puertos desde un host remoto, el servidor empaqueta en un mensaje UDP\_DATA o UDP\_CONTROL según el caso y la transmite al cliente, con la dirección IP de la máquina remota en el campo de dirección. Por el contrario, cuando el cliente desea enviar un bloque de datos UDP al host remoto, se empaqueta en UDP\_DATA o en un mensaje UDP\_CONTROL y se

envía al cliente de nuevo con la dirección IP de la máquina remota en el campo de dirección.

### Desconexión

En cualquier momento, el cliente puede desconectarse de EchoLink, mediante el cierre de la conexión TCP. En este punto, el servidor está de nuevo disponible para su uso.

### Proxy Message Specification

El proxy se ha configurado y autenticado en bloques de datos que se transmiten entre el cliente y el servidor, para lo cual se encapsula como ProxyMessage. Cada ProxyMessage tiene el formato que se describe en la tabla 1.

Tabla 1. *Proxy mensaje formato de bloques*

<b>Campo</b>	<b>Tamaño octetos</b>	<b>Descripción</b>
Tipo	1	El tipo de mensaje
Dirección	4	La dirección IP del interlocutor remoto en orden de bytes de red
Tamaño	4	Tamaño de la carga útil de datos, little-endian
Datos	o-	Secuencia de bytes (carga útil). Puede ser cero octetos.

Fuente: EchoLink Proxy Protocol Documentation

El campo tipo indica de que mensaje se trata. La columna de " Remitente ", indica: cliente (c), servidor (s) o ambos (c / s) que puede enviar el mensaje, en la tabla 2 se observa. (Taylor & Blomberg, 2013)

Tabla 2. *Protocolo de especificaciones de mensajes*

<b>Nombre</b>	<b>Tipo Código</b>	<b>Remitente</b>	<b>Tamaño de los datos</b>	<b>Descripción</b>
TCP_OPEN	1	c	0	Abre una conexión TCP a la dirección IP especificada en el campo dirección de la cabecera

TCP_DATA	2	c/s	1-	Envía datos TCP para una conexión abierta. El campo de datos tiene un tamaño variable y contiene los datos TCP para enviar.
TCP_CLOSE	3	c/s	0	Cierra una conexión TCP abierta. El campo de datos debe tener la longitud 0. Cuando el servidor recibe el mensaje TCP_CLOSE, se responderá con un mensaje TCP_CLOSE cuando la conexión ha sido cerrada. El servidor también puede enviar un TCP_CLOSE si el servidor remoto cierra la conexión.
TCP_STATUS	4	s	4	Informa sobre el estado de la conexión TCP. El servidor enviará un mensaje TCP_STATUS después de haber establecido la conexión. Si la conexión se realiza correctamente, los cuatro bytes de datos se establecen en 0.
UDP_DATA	5	c/s	1-	Envía un mensaje de datos UDP. Los mensajes de datos UDP se utilizan por ejemplo para llevar el audio de EchoLink.
UDP_CONTROL	6	c/s	1-	Envía un mensaje de control UDP. Por ejemplo, se utiliza para controlar el establecimiento de conexión EchoLink y mantenimiento.
SYSTEM	7	s	1	Mensaje de información de sucesos del sistema. Este mensaje se utiliza para indicar la autenticación o error de autorización. Hay dos valores válidos para el byte de datos.  1: BAD_PASSWORD - El cliente proporciona la contraseña de autenticación incorrecta.  2: ACCESS_DENIED - El cliente no está autorizado para acceder al proxy.

Fuente: EchoLink Proxy Protocol Documentation

## Anexo 2. Voz Sobre IP

Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, Voz IP, VoZIP, VoIP (por sus siglas en inglés, Voice over IP), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional como las redes PSTN (sigla de Public Switched Telephone Network, Red Telefónica Pública Conmutada).

Los Protocolos que se usan para enviar las señales de voz sobre la red IP se conocen como protocolos de Voz sobre IP o protocolos IP. El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet, como por ejemplo las redes de área local (LAN).

Es muy importante diferenciar entre Voz sobre IP (VoIP) y Telefonía sobre IP.

VoIP es el conjunto de normas, dispositivos, protocolos, en definitiva la tecnología que permite comunicar voz sobre el protocolo IP.

Telefonía sobre IP es el servicio telefónico disponible al público, hace uso de la tecnología de VoIP.

### Arquitectura de red

El propio estándar define tres elementos fundamentales en su estructura:

**Terminales:** son los sustitutos de los actuales teléfonos. Se pueden implementar tanto en software como en hardware.

**Gatekeepers:** son el centro de toda la organización VoIP, y son el sustituto para las actuales centrales.

Normalmente implementan por software, en caso de existir, todas las comunicaciones que pasen por él.

**Gateways:** se trata del enlace con la red telefónica tradicional, actuando de forma transparente para el usuario.

Con estos tres elementos, la estructura de la red VoIP podría ser la conexión de dos delegaciones de una misma empresa. La ventaja es inmediata: todas las comunicaciones entre las delegaciones son completamente gratuitas. Este mismo esquema se podría aplicar para proveedores, con el consiguiente ahorro que esto conlleva.

**Protocolos de VoIP:** son los lenguajes que utilizarán los distintos dispositivos VoIP para su conexión. Esta parte es importante debido a que de ella dependerá la eficacia y la complejidad de la comunicación.

Por orden de antigüedad (de más antiguo a más nuevo):

H.323 – Protocolo definido por la ITU-T;

SIP – Protocolo definido por la IETF;

Megaco (También conocido como H.248) y MGCP – Protocolos de control;

UNISTim – Protocolo propiedad de Nortel (Avaya);

Skinny Client Control Protocol – Protocolo propiedad de Cisco;

MiNet – Protocolo propiedad de Mitel;

CorNet-IP – Protocolo propiedad de Siemens;

IAX – Protocolo original para la comunicación entre PBXs Asterisk (Es un estándar para los demás sistemas de comunicaciones de datos, actualmente está en su versión 2, IAX2);

EchoLink.- Protocolo propietario peer to peer utilizado en la aplicación EchoLink.

IAX2 – Protocolo para la comunicación entre PBXs Asterisk en reemplazo de IAX;

Jingle – Protocolo abierto utilizado en tecnología XMPP;

MGCP- Protocolo propietario de Cisco;

weSIP- Protocolo licencia gratuita de VozTelecom.

## **Parámetros de la VoIP**

Este es el principal problema que presenta hoy en día la penetración tanto de VoIP como de todas las aplicaciones de IP. Garantizar la calidad de servicio sobre Internet, que solo soporta “mejor esfuerzo” (best effort) y puede tener limitaciones de ancho de banda en la ruta, actualmente no es posible; por eso, se presentan diversos problemas en cuanto a garantizar la calidad del servicio.

## **Códecs**

La voz ha de codificarse para poder ser transmitida por la red IP. Para ello se hace uso de códecs que garanticen la codificación y compresión del audio o del video para su posterior decodificación y descompresión antes de poder generar un sonido o imagen utilizable. Según el Códec utilizado en la transmisión, se utilizará más o menos ancho de banda. La cantidad de ancho de banda utilizada suele ser directamente proporcional a la calidad de los datos transmitidos.

Entre los codecs más utilizados en VoIP están G.711, G.723.1 y el G.729 (especificados por la ITU-T).

Estos Codecs tienen los siguientes anchos de banda de codificación:

- ✓ G.711: bit-rate de 56 o 64 Kbps.
- ✓ G.722: bit-rate de 48, 56 o 64 Kbps.
- ✓ G.723: bit-rate de 5,3 o 6,4 Kbps.
- ✓ G.728: bit-rate de 16 Kbps.
- ✓ G.729: bit-rate de 8 o 13 Kbps.

Esto no quiere decir que es el ancho de banda utilizado, ya que hay que sumar el tráfico de por ejemplo el Codec G729 utiliza 31.5 Kbps de ancho de banda en su transmisión.

## **A-Law y $\mu$ -law**

El estándar de compresión G.711 permite dos formas de comprimir los datos de voz entrantes. Estos dos formatos de compresión se llaman a menudo A-law y  $\mu$ -law. Los dos estándares de compresión usan PCM o modulación de código de pulso (pulse-code) como la base de datos del método de muestreo. Con el PCM los datos se muestrean a intervalos regulares. G.711 utiliza una frecuencia de PCM de 8 kHz que se traduce en 8.000 muestras por segundo. Cada muestra tiene una profundidad de 13

bits (A-law) o 14 bits ( $\mu$ -law), que proporciona una alta calidad inicial con sólo pequeños errores presentes debido a la cuantización de la señal. El uso de compresiones A-law y  $\mu$ -law es principalmente definida geográficamente. En América del Norte y Japón principalmente se usa el  $\mu$ -law, y en el resto del mundo A-law. También hay ligeras diferencias algorítmicas que hacen a la A-law sea una ley más fácil de aplicar con menos recursos de cómputo que los que se utiliza en su contraparte la  $\mu$ -law.

### **Calidad del servicio**

Para mejorar el nivel de servicio, se ha apuntado a disminuir los anchos de banda utilizados, para ello se ha trabajado bajo las siguientes iniciativas:

- La supresión de silencios, otorga más eficiencia a la hora de realizar una transmisión de voz, ya que se aprovecha mejor el ancho de banda al transmitir menos información.
- Compresión de cabeceras aplicando los estándares RTP/RTCP.

Para la medición de la calidad de servicio QoS, existen cuatro parámetros como el ancho de banda, retraso temporal (delay), variación de retraso (jitter) y pérdida de paquetes.

### **Retardo o latencia**

Una vez establecidos los retardos de tránsito y el retardo de procesado la conversación se considera aceptable por debajo de los 150 ms, que viene a ser 1,5 décimas de segundo y ya produciría retardos importantes.

### **Pérdida de tramas (Frames Lost):**

Durante su recorrido por la red IP las tramas se pueden perder como resultado de una congestión de red o corrupción de datos. Además, para tráfico de tiempo real como la voz, la retransmisión de tramas perdidas en la capa de transporte no es práctico por ocasionar retardos adicionales. Por consiguiente, los terminales de voz tienen que retransmitir con muestras de voz perdidas, también llamadas Frame Erasures. El efecto de las tramas perdidas en la calidad de voz depende de cómo los terminales gestionen las Frame Erasures.

En el caso más simple si se pierde una muestra de voz el terminal dejará un intervalo en el flujo de voz. Si muchas tramas se pierden, sonará entrecortado con sílabas o

palabras perdidas. Una posible estrategia de recuperación es reproducir las muestras de voz previas. Esto funciona bien si sólo unas cuantas muestras son perdidas. Para combatir mejor las ráfagas de errores usualmente se emplean sistemas de interpolación. Basándose en muestras de voz previas, el decodificador predecirá las tramas perdidas. Esta técnica es conocida como Packet Loss Concealment (PLC). (Elastixtech)